

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS DE INVESTIGACIÓN:**

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE LA CIUDAD DEL CUSCO - 2017”**

Presentado Por:

- **Bach. ARAPA MAMANI, VÍCTOR NARCIZO.**
- **Bach. MALDONADO LÓPEZ, FANNY**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Jurados:

- Ing. William Américo Luna Rozas.
- Ing. Jorge Iván Cruz Tello.
- M.Sc.Ing. Regia Niurka Patricia Yaquetto Paredes de Rodríguez.

CUSCO, FEBRERO DEL 2019

## DEDICATORIA.

Esta tesis la dedico de manera especial a mi esposa, padre, hermanos y familiares. A mi madre que desde el cielo nos ilumina, a todos mis compañeros de trabajo y amigos que me animaron y alentaron para continuar con los estudios a pesar de todas las adversidades de la vida y a ser un profesional responsable.

A mis hijos que son mi principal motivo de superación profesional y esfuerzo en el día a día de mi vida.

Victor N. Arapa Mamani.

Esta tesis la dedico de manera especial a mis padres, pues ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, logrando sentar en mí la base de la responsabilidad y el deseo de superación y por su gran corazón que me lleva a admirarlos cada día más.

A ti Imasumaq y Vladimir, mis razones de que me levante cada día a esforzarme por su presente y futuro, ustedes son mi principal fuente de motivación.

Fanny Maldonado López.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Nuestro agradecimiento es dirigido a quienes han forjado nuestro camino y nos ha guiado por el sendero correcto, a DIOS, quien nos hizo más valientes en todas las situaciones que se nos presentaron.

La vida se encuentra llena de retos, una de ellas es la universidad. Tras vernos dentro de ella, nos hemos dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para nuestro entendimiento del campo en el que nos hemos visto inmersos, sino para lo que concierne a la vida y nuestro futuro.

Nuestro agradecimiento también va dirigido a los ingenieros de nuestra escuela profesional de Ingeniería Civil, a la M. Sc. Ing. Regia Niurka Patricia Yaqueto Paredes de Rodríguez por su valiosa contribución a nuestra tesis, al Ing. William Américo Luna Rozas e Ing. Jorge Iván Cruz Tello, por el constante apoyo que nos brindaron durante la elaboración del presente estudio, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de nuestra tesis.

Somos muy afortunados; mucha gente nos ayudó en esta ardua tarea, que es nuestra tesis para así poder optar al título profesional de Ingenieros Civiles; a todos, aunque no los mencione nuestro más sincero agradecimiento.

## RESUMEN.

La presente investigación de tesis está basada en la comparación y análisis del comportamiento estructural del sistema de encofrados de dos edificaciones, la primera construida con el encofrado de madera, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de educación primaria de la I.E. N° 51021 -Chachacomayoc en la Av. los incas, distrito de Wanchaq - Cusco – Cusco” y la segunda construida con el encofrado Metálico, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de la institución educativa primaria N° 50500 – San Martín de Porres del centro poblado Huasao, distrito Oropesa - Cusco – Cusco.

El objetivo principal de esta investigación es determinar el costo, rendimiento y calidad de cada elemento estructural utilizados en la construcción de edificaciones que se vienen ejecutando en nuestro medio con el empleo de los encofrados de madera y encofrados metálicos; así como, calcular los esfuerzos que se transmiten a las formaletas en el momento de realizar el vaciado del concreto; determinar qué tipo de encofrado obtiene el mejor comportamiento estructural y con qué sistema de encofrados se logra mayor seguridad en obra.

También la finalidad de esta investigación, es entregar información necesaria para elegir el sistema de encofrado más adecuado a utilizar y cuál es el comportamiento de estos sistemas ante los diversos cambios de clima de nuestra zona.

## **ABSTRACT.**

The present thesis research is based on the comparison and analysis of the structural behavior of the system of formwork of two buildings, the first building built with the wooden formwork, in the work "Improvement of the educational services of primary education of the I.E. N° 51021 - Chachacomayoc in the Av. The Incas, district of Wanchaq - Cusco - Cusco" and the second built with the metallic formwork, in the work "Improvement of the educational services of the primary educational institution N° 50500 - San Martín de Porres del populated center Huasao, Oropesa district - Cusco - Cusco.

The most important objective of this research is to determine the cost, performance and quality of each structural element, in the construction of buildings that are being executed in our environment with the use of wooden formwork and metal formwork; calculate the efforts that are transmitted to the forms at the time of emptying the concrete; Determine which type of formwork has the best structural behavior and which formwork system is most secure on site.

Also its purpose of this research, is to provide necessary information to choose the formwork system to be used and what is their behavior of these systems in the face of the diverse climate changes in our area.

## INDICE.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.1.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS EDIFICACIONES. ....	1
1.1.2. SECCIÓN GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ...	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	4
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	5
1.3.1. PROBLEMA GENERAL.....	5
1.3.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	5
1.4. MOTIVACIONES.....	6
1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7. LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN. ....	7
1.7.1. LIMITACIONES.....	7
1.7.2. VIABILIDAD.....	8
1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	8
1.8.1. OBJETIVO GENERAL. ....	8
1.8.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
1.9. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS. ....	9
1.9.1. HIPOTESIS GENERAL. ....	9
1.9.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.....	9
1.10. IDENTIFICACION DE VARIABLES. ....	9
1.10.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	9
1.10.2. VARIABLES DEPENDIENTES. ....	9
CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	11
2.2. HISTORIA DEL ENCOFRADO. ....	13
2.2.1. ENCOFRADOS. ....	16
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS. ....	17
2.3. SISTEMA DE ENCOFRADO METÁLICO.....	18
2.3.1. MATERIALES DEL ENCOFRADO METÁLICO.....	19
2.3.2. EMPRESAS PROVEEDORAS DE ENCOFRADOS METÁLICOS. ....	20
2.3.3. ELEMENTOS DEL ENCOFRADO METÁLICO. ....	21
2.3.4. PARÁMETROS DEL ENCOFRADO METÁLICO. ....	26
2.3.5. TIPOS DE LOS ENCOFRADOS METÁLICOS.....	27
2.3.6. CARACTERISTICAS DE LOS ENCOFRADOS METÁLICOS. ....	28
2.3.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ENCOFRADO METÁLICO. ....	29
2.3.8. MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS METALES.....	30
2.4. SISTEMA DE ENCOFRADOS DE MADERA. ....	30
2.4.1. REQUISITOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	30
2.4.2. MATERIALES DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	31
2.4.3. ELEMENTOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	37
2.4.4. TIPOS DEL ENCOFRADO DE MADERA. ....	38
2.4.5. DESENCOFRADOS.....	47
2.5. APLICACIÓN DEL ENCOFRADO EN GRANDES PROYECTOS. ....	49
2.6. COSTOS DE LOS ENCOFRADOS. ....	50

---

---

2.6.1.	COSTO DIRECTO.....	52
2.6.2.	COSTO INDIRECTO.....	55
2.7.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.....	57
2.7.1.	CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS.....	58
2.7.2.	FACTORES PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS.....	60
2.7.2.1.	CARGAS VERTICALES.....	60
2.7.2.2.	PRESIÓN EN EL CONCRETO.....	62
2.8.	CONCRETO.....	74
2.8.1.	CEMENTO.....	75
2.8.2.	AGREGADOS.....	78
2.8.3.	AGUA.....	79
2.9.	FACTORES DE LA EFICIENCIA.....	80
2.9.1.	RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO.....	80
2.9.2.	TIEMPO DE LOS ENCOFRADOS.....	80
2.9.3.	CALIDAD DE LOS ENCOFRADOS.....	81
2.9.4.	SEGURIDAD DE LOS ENCOFRADOS.....	82
2.10.	PROBLEMAS FRECUENTES EN EL USO DE ENCOFRADOS.....	85
2.11.	DEFINICIONES BÁSICAS.....	86
CAPÍTULO III METODOLOGIA.....		90
3.1.	TIPO DE INVESTIGACION.....	90
3.1.1.	INVESTIGACIÓN COMPARATIVA.....	90
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	90
3.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	90
3.4.	PROCESO DE TOMA DE DATOS.....	91
3.4.1.	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	91
3.4.2.	SELECCIÓN DE MUESTRA.....	91
3.5.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	91
3.5.1.	MONITOREO Y CONTROL DEL PROYECTO.....	92
3.5.2.	RECOLECCIÓN DE COSTOS.....	93
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....		94
4.1.	RECURSOS PARA EL SISTEMA DE ENCOFRADOS.....	94
4.1.1.	MANO DE OBRA.....	94
4.1.2.	HERRAMIENTAS.....	95
4.2.	ANÁLISIS DE ENCOFRADO METÁLICO Y MADERA EN EL LABORATORIO.....	96
4.2.1.	PROCEDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	96
4.2.2.	PROCEDIMIENTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.....	100
4.2.3.	NUMERO DE USOS DEL ENCOFRADO METÁLICO, EN CUSCO...	102
4.2.4.	APORTE UNITARIO DE MATERIALES, RENDIMIENTO, TIEMPO Y COSTO.	103
4.2.5.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL - LABORATORIO.....	108
4.2.6.	COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.....	120
4.3.	RESULTADO GENERAL DE LOS FACTORES DE LA EFICIENCIA.....	122
4.3.1.	RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	122
4.3.2.	RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.....	125
4.4.	RESULTADO GENERAL DEL COSTO DE ENCOFRADOS.....	127
4.4.1.	COSTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	127
4.4.2.	COSTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.....	130

---

---

4.5.	RESULTADO GENERAL DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL. .	132
4.5.1.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL ENCOFRADO DE MADERA.....	133
4.5.2.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL ENCOFRADO METÁLICO. ....	144
	CAPÍTULO V VALIDACIÓN DE HIPOTESIS. ....	147
5.1.	CALCULOS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS. ....	147
5.1.1.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DEL ENCOFRADO DE MADERA. ...	148
5.1.2.	CÁLCULO Y RESULTADO DEL ENCOFRADO METÁLICO.....	157
	CAPÍTULO VI EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	161
6.1.	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	161
6.1.1.	ESTUDIO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS. ....	161
6.1.2.	EVALUACIÓN FUNCIONAL. ....	161
6.1.3.	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	163
6.2.	DIFERENCIAS DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS. ....	165
6.3.	COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.....	166
6.3.1.	COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS. ....	166
6.3.2.	COMPARACIÓN DE TIEMPOS. ....	167
6.3.3.	COMPARACIÓN DEL NUMERO DE USOS. ....	167
6.3.4.	COMPARACIÓN DEL COSTOS EN ENCOFRADOS.....	177
6.3.5.	COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL. ....	178
	CAPÍTULO VII PROPUESTA PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ENCOFRADOS. ....	179
7.1.	ENCOFRADO MIXTO.....	179
7.2.	PROPUESTA DEL ENCOFRADO MIXTO. ....	181
7.1.2.	CALCULO DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO MIXTO. ....	182
7.1.2.1.	SOLADADURA A EMPLEAR. ....	183
7.1.3.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE FORMALETAS. ....	184
7.1.4.	DISEÑO DEL ENCOFRADO MIXTO. ....	188
	CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	204
8.1.	CONCLUSIONES.....	204
8.2.	RECOMENDACIONES. ....	205
	BIBLIOGRAFÍA. ....	207
	ANEXO N° 01: Matriz de Consistencia.....	209
	ANEXO N° 02: Encuesta. ....	210
	ANEXO N° 03: Tablas del Diseño Mezclas. ....	211
	ANEXO N° 04: Especificaciones Técnicas. ....	212
	ANEXO N° 05: Calculo de Materiales para el encofrado.....	216
	ANEXO N° 06: Fotografías. ....	221
	ANEXO N° 07: Planos.....	228

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1: Relación de maderas usadas para produccion de encofrados.....	34
Tabla 2: Grupo estructural de la madera. ....	35
Tabla 3: Propiedades físicas de la madera.....	36
Tabla 4: Influencia de la velocidad de vaciado de los encofrados sobre la presión.....	66
Tabla 5: Asentamiento del concreto.....	67
Tabla 6: Relación entre presión máxima y la temperatura (PCA).....	70
Tabla 7: Relación entre la velocidad de Vaciado del encofrado de columna, la presión máxima y la temperatura (A.C.I).....	72
Tabla 8: Relación entre la velocidad de vaciado del encofrado de muro, presión máxima y temperatura (A.C.I).....	73
Tabla 9: Comparación de Mano de Obra. ....	95
Tabla 10: Herramientas necesarios para los encofrados.....	95
Tabla 11: Entrevistas para ver el N° de Usos del encofrado.....	102
Tabla 12: Cantidad de Material con Encofrado de Madera, en el laboratorio.....	104
Tabla 13: Rendimiento del Encofrado de Madera, en el laboratorio.....	105
Tabla 14: Análisis de Costos del Encofrado de Madera, en el laboratorio.....	106
Tabla 15: Cantidad de formaleta del encofrado Metálico, en el laboratorio.....	106
Tabla 16: Rendimiento del Encofrado Metálico, en el laboratorio.....	107
Tabla 17: Análisis de Costos con Encofrado Metálico, en el laboratorio.....	108
Tabla 18: Granulometría de Agregado Fino.....	110
Tabla 19: Elaboración de agregado global con mfag = 5,00.....	113
Tabla 20: Agregado Global.....	115
Tabla 21: Propiedades físicas de los agregados.....	116
Tabla 22: Dosificación de materiales en pesos seco.....	117
Tabla 23: Dosificación de Materiales Corregidos.....	118
Tabla 24: Diseño del Concreto.....	118
Tabla 25: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Madera – Columnas.....	123
Tabla 26: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Madera - Losa.....	123
Tabla 27: Tiempo y Rendimiento del Encofrado de Madera - Vigas.....	124
Tabla 28: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Triplay – Columnas.....	124
Tabla 29: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Columnas.....	125
Tabla 30: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Vigas.....	126
Tabla 31: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Losa.....	126
Tabla 32: Costo Unitario del Encofrado de Madera - Columna.....	127
Tabla 33: Costo Unitario del Encofrado Madera - Viga.....	128
Tabla 34: Costo Unitario del Encofrado Madera - Losa.....	128
Tabla 35: Costo Unitario del Encofrado de Triplay – Columnas.....	129
Tabla 36: Costo Unitario del Encofrado Metálico – Columnas.....	130
Tabla 37: Costo Unitario del Encofrado Metálico – Viga.....	131
Tabla 38: Costo Unitario del Encofrado Metálico - Losa.....	132
Tabla 39: Calculo de la cantidad de madera - columna (C4).....	148
Tabla 40: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - columna (C4).....	149
Tabla 41: Análisis de precios unitarios - Columna (C4).....	150
Tabla 42: Calculo de cantidad de madera - Losa representativa.....	150
Tabla 43: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - Losa representativa.....	151
Tabla 44: Análisis de precios unitarios - Losa representativa.....	152
Tabla 45: Calculo de cantidad de madera - Viga (V-203).....	153

Tabla 46: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - Viga (V-203) .....	153
Tabla 47: Análisis de precios unitarios - Viga (V-203).....	154
Tabla 48: Cantidad de Madera y Triplay – Columna (C-5) .....	155
Tabla 49: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado con triplay.....	156
Tabla 50: Análisis de precios unitarios de una columna con triplay.....	156
Tabla 51: Cantidad de materiales del encofrado metálico - Columna.....	157
Tabla 52: Aporte unitario de materiales del encofrado metálico - Losa. ....	158
Tabla 53: Rendimiento encofrado y desencofrado con encofrado metálico. ....	158
Tabla 54: Aporte unitario de materiales del encofrado metálico - Viga. ....	159
Tabla 55: Evaluación funcional del encofrado de madera. ....	163
Tabla 56: Evaluación Funcional del Encofrado Metálico. ....	163
Tabla 57: Evaluación Técnica del Encofrado de Madera.....	164
Tabla 58: Evaluación Técnica del Encofrado Metálico.....	164
Tabla 59: Diferencias del sistema de encofrados. ....	165
Tabla 60: Cuadro de comparación de Rendimientos.....	166
Tabla 61: Cuadro de comparación del Tiempo de Encofrado.....	167
Tabla 62: Comparación del número de Usos.....	168
Tabla 63: Aporte Unitario de materiales del encofrado de madera.....	169
Tabla 64: Horas hombre del encofrado de madera.....	169
Tabla 65: Costo Unitario del encofrado de madera.....	170
Tabla 66: Variación del Costos en función al número de Usos.....	170
Tabla 67: Costo unitario del encofrado de madera para un solo uso.....	173
Tabla 68: Costo unitario del encofrado de madera para un 2do encofrado.....	173
Tabla 69: Costo unitario de encofrado metálico para un 1er encofrado.....	174
Tabla 70: Costo unitario del encofrado metálico para un 2do encofrado.....	174
Tabla 71: Variación de Costos en Función al Número de Usos.....	175
Tabla 72: Cuadro de Costos del sistema de encofrados. ....	177
Tabla 73: Comparación del comportamiento estructural. ....	178
Tabla 74: Equipo mínimo para la producción de encofrado metálico.....	182
Tabla 75: Determinación de costo general. ....	184
Tabla 76: Análisis de Precio Unitario del metal de 2,40m. x 0,60m.....	184
Tabla 77: Análisis de Precio Unitario de tablero metálico de 1,20 m. x 0,60 m.....	185
Tabla 78: Análisis de Precio Unitario de Vigueta extensible.....	186
Tabla 79: Análisis de Precio Unitario de Puntal tipo .....	187
Tabla 80: Resumen del precio de las formaletas. ....	188
Tabla 81: Calculo del momento de Inercia - Columna.....	190
Tabla 82: Calculo del momento resistente - Columna. ....	190
Tabla 83: Calculo del momento de Inercia - Vigueta.....	197
Tabla 84: Calculo del momento resistente - Vigueta. ....	197
Tabla 85: Aporte Unitario de materiales para el encofrado mixto – Columna.....	202
Tabla 86: Rendimiento del encofrado y desencofrado del encofrado mixto.....	202
Tabla 87: Análisis de precio Unitario – Columna. ....	203

## LISTA DE GRÁFICOS.

Grafico N° 1: Conteo del uso de sistemas de encofrados, en Wanchaq – 2017.....	1
Gráfico N° 2: Relación de presión – altura del encofrado de una columna. ....	64
Gráfico N° 3: Presión del encofrado de un Muro. ....	65
Gráfico N° 4: Velocidad de vaciado del encofrado de columna, presión máxima y temperatura (A.C.I.).....	72
Gráfico N° 5: Velocidad de vaciado del encofrados de muros, presión máxima y temperatura (ACI).....	73
Gráfico N° 6: Recolección de Datos. ....	92
Gráfico N° 7: Recolección de Costos. ....	93
Gráfico N° 8: Curva Granulométrica del agregado fino, que indica la Norma. ....	111
Gráfico N° 9: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	111
Gráfico N° 10: Curva Granulométrica del Agregado Grueso. ....	112
Gráfico N° 11: Elaboración de agregado global mf. = 5,00.....	114
Gráfico N° 12: Elaboración de agregado global.....	115
Gráfico N° 13: Comparación de Rendimientos – Laboratorio. ....	120
Gráfico N° 14: Comparación de Tiempo - Laboratorio. ....	121
Gráfico N° 15: Comparación de Costo - Laboratorio. ....	121
Grafico N° 16: Diseño del encofrado de Madera – Columna. ....	143
Grafico N° 17: Carga admisible en función de la Longitud. ....	146
Gráfico N° 18: Comparación de Rendimientos. ....	166
Gráfico N° 19: Comparación de Tiempos. ....	167
Grafico N° 20: Variación de costos en función al número de usos (m2). ....	171
Grafico N° 21: Diferencia de rendimientos. ....	172
Grafico N° 22: Costo acumulado en función al número de elementos encofrados. ....	176
Grafico N° 23: Incremento del costos de mano de obra respecto al N° de usos. ....	176
Gráfico N° 24: Comparación de Costos. ....	177
Grafico N° 25: Presión del encofrado Mixto – Columna. ....	192

## LISTA DE FIGURAS.

Figura N° 1: Operacionalización de Variables. ....	10
Figura N° 2: Panel para encofrado de columna. ....	21
Figura N° 3: Aplomadores metálicos. ....	21
Figura N° 4: Angulares metálicos. ....	22
Figura N° 5: Rinconera.....	22
Figura N° 6: Grapas.....	23
Figura N° 7: Tapa para muro.....	23
Figura N° 8: Distanciador.....	23
Figura N° 9: Pin.....	24
Figura N° 10: Alineador. ....	24
Figura N° 11: Tensor. ....	25
Figura N° 12: Tubo.....	25
Figura N° 13: Uña. ....	25
Figura N° 14: Martillo extractor.....	26
Figura N° 15: Pin de fijación y tuerca Golilla. ....	26

Figura N° 16: Encofrado de losa. ....	27
Figura N° 17: Encofrado de placas y/o muros.....	28
Figura N° 18: Encofrado de columnas. ....	28
Figura N° 19: Dimensiones de una madera. ....	32
Figura N° 20: Estructura del encofrado de sobrecimiento. ....	39
Figura N° 21: Estructura del encofrado de columna. ....	40
Figura N° 22: Estructura del encofrado de Viga. ....	42
Figura N° 23: Isométrico del encofrado de viga. ....	42
Figura N° 24: Espaciadores. ....	43
Figura N° 25: Losa aligerada.....	43
Figura N° 26: Encofrado de losa aligerada.....	44
Figura N° 27: Encofrado de frisos.....	45
Figura N° 28: Encofrado del muro de contención.....	46
Figura N° 29: Las fuerzas aplicadas tienden a comprimirlo. ....	87
Figura N° 30: Demostración de tracción, en un puente de tirantes. ....	88
Figura N° 31: Viga en Flexión. ....	88
Figura N° 32: Habilitado de formas para el encofrado.....	96
Figura N° 33: Solado y Recubrimiento. ....	96
Figura N° 34: Replanteo para el encofrado. ....	97
Figura N° 35: Corrugación para la adherencia del concreto. ....	97
Figura N° 36: Encofrado de la columna. ....	98
Figura N° 37: Tensado de barrotes. ....	98
Figura N° 38: Limpieza y uso de aditivo.....	99
Figura N° 39: Compactado del concreto. ....	99
Figura N° 40: Desencofrado. ....	100
Figura N° 41: Paneles para el encofrado. ....	100
Figura N° 42: Encofrado de la columna. ....	100
Figura N° 43: Ajuste del ángulo. ....	101
Figura N° 44: Ajuste de los barrotes. ....	101
Figura N° 45: Vaciado del Concreto. ....	102
Figura N° 46: Verificando el procedimiento constructivo. ....	102
Figura N° 47: Fotografías de panel metálico.....	103
Figura N° 48: Reloj comparador utilizado. ....	119
Figura N° 49: Reloj comparador en el encofrado metálico.....	119
Figura N° 50: Reloj comparador utilizado en la madera. ....	120
Figura N° 51: Fotografía del Encofrado de Vigas.....	135
Figura N° 52: Fotografía del Encofrado de Losa. ....	139
Figura N° 53: Fotografía del encofrado de columna. ....	143
Figura N° 54: Fotografías del comportamiento estructural de una columna.....	160
Figura N° 55: Modelo del diseño con encofrado Mixto – Columna. ....	194
Figura N° 56: Fotografías del encofrado Mixto - Puntales . ....	199
Figura N° 57: Fotografías del encofrado Mixto - Viguetas.....	200
Figura N° 58: Rugosidad de columna. ....	201
Figura N° 59: Asegurado de tecnopor en Solera. ....	201

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### 1.1. GENERALIDADES.

##### 1.1.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS EDIFICACIONES.

El crecimiento de los centros urbanos, así como el desarrollo industrial han ido exigiendo, cada vez más, el incremento de construcciones, pero en plazos cada vez menores y económicos, sin embargo, su realización era imposible por los métodos tradicionales de construcción. Esto conllevó a la introducción de métodos de construcción industriales, cuyo objetó fue el de transformar la actividad estacional en otra industrial de producción continua que asegure un rendimiento elevado, reducción de costos, calidad, seguridad. Realizando una cadena tecnológica compleja cuyo paso inicial se fija de antemano, por lo tanto, el sistema de los encofrados metálicos asegura un mayor rendimiento y permite construir estructuras mucho más elevadas con un único encofrado.

Si bien en la ciudad del Cusco en el distrito de Wánchaq, se vienen usando los encofrados de madera y encofrados metálicos, respectó a ello, se realizó un ligero conteo del sistema de encofrados en edificaciones, en el año 2017 (Anexo N°1), resultado a ello se tiene lo siguiente:

**Grafico N° 1:** *Conteo del uso de sistemas de encofrados, en Wanchaq – 2017.*



*Fuente:* Elaboración propia.

Solo el 12% de 50 edificaciones en proceso de construcción, utiliza el sistema del encofrado metálico, por ello se eligió las dos edificaciones, donde se realizó la investigación análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017; y tiene las siguientes características:

**a) MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA INSTITUCION EDUCATIVA PRIMARIA N° 50500 – SAN MARTIN DE PORRES DEL CENTRO POBLADO HUASAO, DISTRITO OROPESA - CUSCO – CUSCO.**

- ✓ La entidad de ejecución es una privada: Empresa Consorcio Oropesa-San Martin.
- ✓ Este proyecto consta de cuatro bloques más una batería de servicios higiénicos, el cual se eligió para el análisis un bloque:
  - Bloque “A”, de un nivel.
- ✓ Tipo de encofrado: Encofrado metálico.
- ✓ Periodo de construcción, a nivel de estructura: es de 3,5 meses, en esta obra si se cumplió con la planificación del encofrado y desencofrado, porque este encofrado fue ejecutado por una empresa privada, y en el caso de que llegara a suceder un retraso injustificado en la ejecución de las prestaciones por objeto del contrato, la entidad aplicara al contratista una penalidad por cada día de retraso que pueda suceder.

**b) MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA I.E. N° 51021 - CHACHACOMAYOC EN LA AV. LOS INCAS, DISTRITO DE WANCHAQ - CUSCO – CUSCO.**

- ✓ La entidad de ejecución es una pública: Gobierno Regional del Cusco.
- ✓ Este proyecto consta de tres bloques del cual se eligió para el análisis un bloque:
  - 1er bloque, de tres niveles.
- ✓ Tipo de Encofrado: Encofrado de madera.
- ✓ Periodo de construcción, a nivel de estructura (partida de encofrado y desencofrado): su programación inicial fue de 6,5 meses, tuvo un retraso de 3 meses y fue por las siguientes razones: primero fue la falta de planeación y gestión por parte del residente de obra en la adquisición de materiales y/o insumos, generando demoras en su ejecución incurriendo así en sobrecostos. Así mismo pueden suscitarse otros factores que retrasan la obra, también esto se debe que en una entidad pública siempre se ve afectada por el retraso de parte del área de logística.

El factor retraso también se da por la burocracia en el área de logística al momento de realizar la adquisición de los materiales. Esta puede darse en cualquier fase de un proyecto

del sector público o privado y puede ser cometido por cualquiera de los muchos colaboradores que participan en un proyecto.

### **1.1.2. SECCIÓN GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.**

En cuanto al aspecto geométrico de los elementos estructurales, su sección puede adoptar una gran diversidad de formas y aunque se dan de forma asimétricas, impera una cierta regularidad geométrica por razones de racionalidad estructural, en consecuencia, las secciones usuales pueden resumirse en unos pocos casos, esa regularidad geométrica hace que el encofrado, a su vez, presente formas o soluciones igualmente posibles de resumir y racionalizar.

#### **a) Columnas.**

Las columnas que se analizó en nuestra investigación tienen la forma de cuadrado, rectángulo, de sección T y L.

##### ✓ **Cuadradas y rectangulares:**

Son las más conocidas o convencionales, las columnas de sección rectangular muy delgada suelen denominarse pantalla.

##### ✓ **Hexagonales u Octogonales:**

Su encofrado implica cuidados adicionales para fabricarlo, porque los cantos de los tableros no son a  $90^\circ$  y por lo que se deben dimensionar en forma precisa.

##### ✓ **Secciones en L y T:**

Exigen encofrados un poco ingeniosos en su fabricación, como en el caso de que sus alas son muy anchas y se parecen a muros, para ello es necesario el uso de tensores que atraviesan la masa del concreto, teniendo ángulos de  $90^\circ$ .

##### ✓ **Circulares:**

Requieren encofrados más singulares, porque deben estar compuestos por dos cuerpos semicirculares (es decir de  $180^\circ$ ) y que sean rígidos para conservar su forma.

##### ✓ **Triangulares:**

De igual manera que las hexagonales, se requiere que los cantos de los tableros sean rigurosamente dimensionados y cortados.

#### **b) Placas.**

Las Placas que se analizó en la investigación tienen la forma rectangular.

**c) Vigas y Vigas de Cimentación.**

Las Vigas que se analizó en la investigación tienen la forma de rectángulo.

**1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

**1.2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

Hoy en día la velocidad de ejecución de las obras de construcción forma parte de la eficiencia, económica obligando a acortar los plazos, ya que es de conocimiento de todos, que los rendimientos de mano de obra son inferiores en la Sierra en comparación con el de la Costa, según los informes de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). La mayoría de las viviendas que se vienen construyendo se realizan con el uso de madera el cual proviene de nuestra selva peruana, así como los rollizos de eucalipto, de uso en la construcción es proveniente de nuestra serranía (pies derechos o puntales) los cuales no tienen ninguna certificación de control de calidad.

En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas han marcado la pauta en el aumento de la eficiencia de los procesos productivos, por lo tanto, la construcción de edificios es un área que no se ha quedado ajena a este avance, es así que se tiene en cuenta la partida correspondiente a los encofrados con una mayor innovación tomando en cuenta la gran participación que tienen en el costo total de un edificio.

La construcción de edificaciones con el uso del sistema de encofrados de madera, que es un sistema tradicional, se realizan con un número de usos bastante limitado por las deformaciones que sufre (embarquillado) y el daño inevitable durante el proceso de encofrado que se tienen y al ir sustituyéndolos periódicamente, pues de lo contrario merma la calidad de obra.

Con la utilización de encofrados de madera se genera muchos desperdicios, porque se utiliza insumos no reutilizables como el clavo, alambre y madera, ya que se tiene claro que el encofrado de madera está destinado a desaparecer en la obra y cuando se genera desperdicio, se genera mayor desorden en obra y sobre todo exceso en el uso de mano de obra.

Sin embargo, con la utilización de encofrado metálico no se genera desperdicio, pues estos son mínimos y todo viene a ser reutilizable y se tiene que trabajar con el mayor orden posible.

El uso de mano de obra disminuye porque el trabajo se reduce a un simple ensamblaje de piezas y la resistencia como estructura temporal con los encofrados metálicos es más segura.

Por otro lado, los costos pasaron a controlar la ejecución de proyectos, por lo que una mayor rapidez en la construcción marcará la diferencia entre las distintas soluciones. Esto hace que se comience a innovar en tecnologías y marcas, por lo tanto, la fabricación de módulos para la construcción de estructuras verticales va en aumento.

Con esta investigación y análisis se plantea determinar la eficiencia entre el sistema del encofrado de madera y encofrado metálico para edificaciones en la ciudad del Cusco.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

En las construcciones de edificaciones donde se utiliza el concreto armado, se requiere de la utilización de encofrados que funciona como moldes y le dan forma al concreto fresco; en la ciudad del Cusco se ha observado que no se da importancia al cálculo estructural de los encofrados en una obra de construcción, se asume que esto sucede por tratarse de estructuras temporales, debido a eso podemos ver muchas fallas y errores en los proyectos, sin un buen procedimiento constructivo y plano adecuado; el cual se debe hacer conociendo la función que realiza cada elemento que compone un sistema de encofrado y es indispensable realizar una adecuada selección del mismo dependiendo del tipo de estructura de concreto que se desea realizar.

El problema general y específico a considerarse, son los siguientes:

#### **1.3.1. PROBLEMA GENERAL.**

- ✓ ¿Cuál es la diferencia de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos con respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?

#### **1.3.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.**

- ✓ ¿Cuáles son los costos de materiales y mano de obra al emplear encofrados metálicos y encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?
- ✓ ¿Cuál será el comportamiento estructural del encofrado metálico y encofrado de madera durante el vaciado del concreto, en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?

#### **1.4. MOTIVACIONES.**

El crecimiento de la economía en la construcción actual del país está generando nuevas alternativas en los procesos constructivos, ya que esto permite ir a los nuevos tipos de tecnologías y exigencias del mundo globalizado. Siendo uno de ellos el sistema de encofrados metálicos en edificaciones, el crecimiento en esta partida es masivo ya que abarca aproximadamente entre el 25% y 40% del costo total de la estructura (Carabajo, Chimbo y Yaguana, 2010), lo que impulsa a la construcción en edificaciones a que cumplan con los requerimientos técnicos necesarios, especialmente en los encofrados. Esto implica a controlar el tiempo, costo, calidad, rendimiento, seguridad y el comportamiento estructural, generados en este caso por las actividades relacionadas a los encofrados, dentro de este control se debe tener cuidado en la generación de desperdicios de recursos y tiempo; ya que el tiempo es el que cuenta con mayor incidencia en el costo de la partida de encofrados. Teniendo presente la seguridad, que es lo primordial para el sistema de encofrados, siguiendo la Norma G-050.

#### **1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación pretende dar a conocer la importancia del sistema de encofrados metálicos y encofrados de madera, proporcionando datos obtenidos de ambos proyectos y analizar el tiempo, costo, rendimiento, calidad, seguridad y comportamiento estructural durante la ejecución de las partidas del encofrado. Esto permitirá a los profesionales de la construcción, especialmente a los que realizan estructuras de concreto y elementos que requieren algún tipo de molde para darle la forma final al concreto fresco y visualizar en forma más clara que el tiempo que se invierte en realizar actividades que aportan valor puede ser incrementado si se reduce el tiempo que se invierte en realizar actividades que no aportan valor, lo que se traducirá en una reducción de pérdidas generando mayor rentabilidad a las empresas o entidades públicas.

#### **1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

En la investigación se compara y analiza el sistema del encofrado metálico (sistema industrializado) y encofrado de madera (sistema convencional), para un buen procedimiento constructivo. Se analizará el costo, mejor calidad, seguridad y un buen comportamiento estructural durante el vaciado del concreto.

En la actualidad con la competencia de precios; en la actividad de la construcción empresa que no innova está destinada a desaparecer. La innovación se da en diferentes

actividades del proceso constructivo, actualmente se aplica metodologías modernas como LEAN CONSTRUCTION, cuyo objetivo es hacer más eficiente la construcción.

La seguridad en el encofrado es de suma importancia, puesto que si el encofrado llegara a fallar podría generar algún tipo de accidente con consecuencias fatales. Principalmente las fallas se producen por no considerar la real magnitud de las cargas a las que están sujetos los encofrados y la forma cómo actúan sobre los mismos; asimismo, por el empleo de madera en mal estado, secciones o escuadrías insuficientes, desde luego, a los procedimientos constructivos inadecuados.

La calidad de los encofrados también está relacionada con la precisión de las medidas, con los alineamientos y el aplomado correcto, así mismo, el acabado de las superficies del concreto, son de mejor aspecto.

En algunas obras de la ciudad del Cusco, no se aplica la eficiencia y el comportamiento estructural del sistema de encofrados, porque aún se sigue construyendo estructuras de manera empírica; además, parece ser necesario que ocurra un evento que cause daños importantes en estructuras de concreto para que se revisen el diseño de encofrados y que no se realicen un buen proceso constructivo con esto se busca que no se contribuya a que los daños sean mayores en el concreto.

Se busca a través de la investigación, realizar un análisis en las construcciones de la ciudad del Cusco específicamente en los distritos de Wanchaq y Oropesa, donde se investiga la eficiencia y el comportamiento estructural de cada uno de los sistemas de encofrados.

## **1.7. LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.7.1. LIMITACIONES.**

El estudio se limita a que no se participó en todas las partidas, solo se realizó netamente en el encofrado de los siguientes elementos estructurales: columnas, vigas y losa, además de centrar la investigación en el control de costos, tiempo, rendimiento, calidad, seguridad y comportamiento estructural.

La existencia de la investigación del sistema de encofrados es bastante concisa, por lo cual se debe de analizar la eficiencia, el comportamiento estructural y no existen especialistas en el diseño de encofrados porque en las especificaciones técnica de un proyecto no se exige; de esta manera llevar un correcto control en lo que viene a ser, encofrado de madera y encofrado metálico.

En esta investigación no se tomó en cuenta el hecho de llevar a cabo pruebas in situ, para obtener el comportamiento estructural del encofrado, debido a que los ensayos con llevan a condiciones sub estándares de seguridad y retraso en la ejecución de las partidas en estudio; razón por la cual los ejecutores de ambas edificaciones no permitieron intervenir en toma de datos de deformación de los encofrados.

Se decidió realizar ensayos de comportamiento estructural en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería civil – Unsaac, a escala real.

### **1.7.2. VIABILIDAD.**

Se contó con obras en inicio de ejecución, para la obtención de datos, las informaciones proporcionadas de las dos edificaciones son: el encofrado metálico en la Institución Educativa de San Martín de Porres - Huasao, y el encofrado de madera en la Institución Educativa Chachacomayoc – Wanchaq, se analizó el rendimiento, tiempo, costo y comportamiento estructural.

Es viable, porque se tiene acceso a la información concerniente de los encofrados de madera y metal con que cuenta el ámbito local, así como también de especialistas referente al tema de investigación, es así que se dispone de recurso humano suficiente para realizar este trabajo de tesis.

## **1.8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

Mediante la presente investigación se pretende cumplir con los siguientes objetivos.

### **1.8.1. OBJETIVO GENERAL.**

- ✓ Comparar la eficiencia de los encofrados metálicos con respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017.

### **1.8.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- ✓ Cuantificar los costos de materiales y mano de obra al emplear los encofrados metálicos y los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017.
- ✓ Determinar el comportamiento estructural de los encofrados metálicos y los encofrados de madera durante el vaciado del concreto, en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017.

## **1.9. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS.**

### **1.9.1. HIPOTESIS GENERAL.**

- ✓ El encofrado metálico será eficiente con respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad de Cusco – 2017.

### **1.9.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA.**

- ✓ Los costos de materiales y la mano de obra al emplearse los encofrados metálicos son económicos respecto a los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017.
- ✓ El comportamiento estructural de los encofrados metálicos durante el vaciado del concreto, es resistente respecto a los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017.

## **1.10. IDENTIFICACION DE VARIABLES.**

La susceptibilidad de la medición del hecho estudiado, requiere de variables, que por su naturaleza son cuantitativas, siendo en este caso, **X** variable independiente e **Y** la variable dependiente.

**X:** Encofrados metálicos y encofrado de madera

**Y:** Eficiencia.

### **1.10.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.**

Los indicadores de la variable independiente son:

- **Costos**, se considera el costo de materiales.
- **Mano de obra**, se considera a todo el personal que realiza la actividad, teniendo variación en cuanto a experiencia, condición física.
- **Comportamiento estructural**.

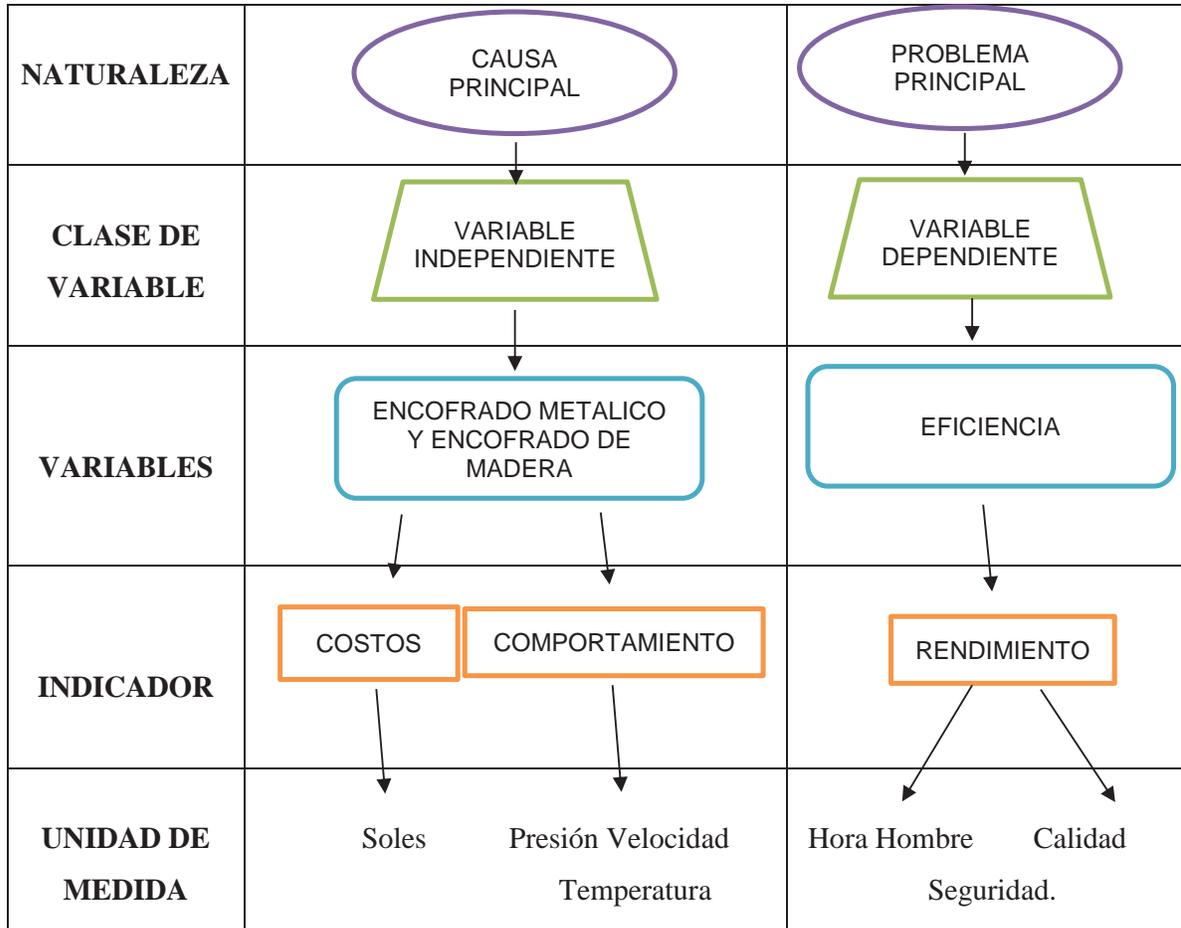
### **1.10.2. VARIABLES DEPENDIENTES.**

El indicador de la variable dependiente es:

- Rendimiento.
- Tiempo.
- Calidad.

- Seguridad.
- Clima.

**Figura N° 1: Operacionalización de Variables.**



*Fuente: Elaboración propia.*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Al ejecutar una obra, se debe tomar en cuenta de elegir un método constructivo para cada una de las partidas que lo componen. En este punto se analizó la partida de encofrado de los diferentes elementos estructurales, pues tiene considerable incidencia sobre el presupuesto total de la obra. Según esto se definirá el tiempo, costo, calidad, comportamiento estructural y otros factores (temperatura, humedad, precipitación, calidad, seguridad), ya que cada sistema constructivo tiene sus propias características. Es por esta razón que constantemente se realizan análisis comparativos para ver cuál de ellos resulta ser más eficiente y económico para diversas situaciones.

Para el desarrollo de nuestra investigación, se consultaron los siguientes trabajos de investigación que se menciona a continuación:

**Bach. Ayala, Chimbo y Yaguana (2010):** “Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la construcción” de Guayaquil – Ecuador; llegan a las siguientes conclusiones; la invención de los encofrados ha hecho que el uso del concreto sea ilimitado, pues en la actualidad podemos realizar diversas formas de molduras y elementos, por las ventajas que nos ofrecen los materiales, especialmente la madera. Otro factor importante es la economía, ya que el costo de los encofrados es aproximadamente entre el 25% y 40% del costo total de la estructura.

Por otra parte, es evidente que el número de usos es un factor decisivo al momento de seleccionar el tipo de encofrado a utilizar según los requerimientos de la obra, para evitar el encarecimiento de la misma.

**Bach. Gordillo C. (2014):** En el sector de la construcción se emplea diversos sistemas de encofrado que permiten ejecutar las obras eficientemente. Uno de estos son las plataformas intermedias de trabajo de las cuales, se tienen poco análisis y conocimiento por la complejidad de su análisis y utilización. Concluyendo que el uso de las plataformas intermedias de trabajo reduce en un 45 % el tiempo de construcción en estructuras elevadas con losas elevadas. Para demostrarlo se tomó como caso la estación Presbítero Maestro, donde se demuestra el uso de este sistema redujo el tiempo de ejecución requerida para poder terminar la obra antes del tiempo requerido.

**Bach. Oribe Alba Yosep, (2014).** “Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la Ciudad de Lima”, en la Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en el cual realiza una detallada descripción del encofrado metálico y convencional, destacando las características de cada sistema, resaltando los encofrados verticales, moldajes tradicionales como trepantes y autotrepantes. Este trabajo es de importancia para el desarrollo de esta investigación debido a que en ella se realiza un estudio de análisis de costos, de la misma se puede conseguir información conceptual y fuentes bibliográficas.

Con el correr del tiempo, la tecnología y el proceso de industrialización fueron ganando terreno el trabajo artesanal, y los encofrados no escapan a esta realidad. La necesidad por un lado de conseguir materiales que fuesen más económicos, resistentes y en ciertos casos más livianos que la madera; y por otro, la necesidad de proteger los bosques, hizo que aparecieran en el mercado una serie de sistemas de encofrados realizados con distintos materiales como: metal, plástico, fibra, etc., que fueron desplazando poco a poco a los encofrados de madera. Por otro lado, los costos pasaron a controlar la ejecución de proyectos, por lo que una mayor velocidad en la construcción marcará la diferencia entre las distintas soluciones.

Esto hace que se comience a innovar en tecnologías y marca, por lo tanto, la creación de los moldes trepantes, autotrepantes y deslizantes para la construcción de estructuras verticales. Los moldes trepantes consisten en un sistema modular de altura variable, donde el encofrado se une a una plataforma trepante que se afirma a muros ya construidos mediante anclajes que van introducidos en el hormigón. Se eleva la consola junto al encofrado mediante el uso de una grúa. El sistema autotrepante es básicamente un sistema de trepaconvencional al que se le añaden soluciones mecánicas e hidráulicas para conseguir que la elevación del sistema se realice sin necesidad de grúa. Por su parte, los encofrados deslizantes poseen una altura de aproximadamente 1m, y se arman a nivel de la fundación o desde donde se quiere comenzar a deslizar.

Este trabajo es tomado como una guía para esta investigación, puesto que nuestro objetivo es profundizar los rendimientos y aportes unitarios de materiales propios de nuestra región.

**Bach. Jorge M. Castañeda Ortega y William J. López Povich, (2015):** “Análisis comparativo entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social” en la universidad san Martín de Porres – Lima, Facultad de Ingeniería y

Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, realizan un estudio comparativo de encofrado del aluminio y encofrado metálico.

**Castañeda, Chaves, Farfan y Yarango, (2016).** “Análisis de encofrados para muros anclados que generan problemas en la productividad y en los procesos” de la Universidad peruana de ciencias aplicada – Lima. El sistema propuesto (sistema de encofrados enterrados) en comparación a los sistemas que existen en el mercado es económicamente más rentable e igual de productivo que los sistemas de Ulma, Peri y otros similares.

En el sistema propuesto se aprovecha el material propio del movimiento de tierra para soportar la estructura de encofrados, aprovechando espacios y reduciendo costos.

En este sistema existen menores índices de accidentes de caídas debido a que el material de contención tiene uso de plataforma, la cual es el mismo terreno.

## **2.2. HISTORIA DEL ENCOFRADO.**

La construcción de los encofrados se realiza con materiales que se encuentran fácilmente en nuestro medio. A través de los años se han ido perfeccionando para darle al elemento un mejor acabado. En los primeros años del auge de la construcción, los materiales que más se utilizaba era la madera luego poco a poco se fue modernizando, hasta tener el día de hoy, encofrados metálicos, encofrados de madera y materiales reutilizables como el plástico, etc.

La evolución del encofrado en diferentes épocas, se desarrolló de la siguiente manera:

### **Época Romana y Medieval.**

Los arquitectos romanos construyeron las primeras estructuras de concreto en masa que lo podemos considerar como el propulsor de la construcción mediante encofrados. Como el concreto en masa no puede absorber grandes esfuerzos de tracción y torsión, estas primeras estructuras fueron arcos, bóvedas y cúpulas, que funcionan solamente a compresión.

La estructura de concreto más notable de esta etapa es la cúpula del Panteón de Roma. Los encofrados se hicieron con andamiajes y encofrados temporales con la forma de la futura estructura. Estos elementos auxiliares de construcción no solo sirven para verter el concreto, también han sido y son muy utilizados en otros trabajos de albañilería.

Como era acostumbrado, los romanos llevaron con sus conquistas también su cultura. La técnica del encofrado se extendió también por los pueblos que invadían, propiciando la

expansión de los nuevos sistemas de construcción que fueron evolucionando. (Herrera, Moreno y Robles, 2014)

### **Época Moderna.**

El gran propulsor del uso de los encofrados ha sido y actualmente es el concreto, y como tal no podemos entender su evolución sin entender el nacimiento del concreto tal y como lo conocemos.

Durante la época Medieval no hubo una evolución en el uso de los encofrados, podemos hablar de un estancamiento respecto a los progresos que supuso su utilización en el Imperio Romano. Su continuo entorno a estilos de épocas pasadas propicio un refinamiento en el sistema de construcción con piedra relevando los sistemas de encofrados al mismo uso que se originó en la construcción: arcos, bóvedas y cúpulas.

Podemos verdaderamente hablar de evolución en el siglo XVII (finales) y de revolución de la construcción a partir del Siglo XIX.

El verdadero propulsor, como fue el descubrimiento de cemento natural y artificial, comúnmente conocido como Portland, Smeaton y posteriormente Parker, encargado de comercializar los primeros cementos artificiales: Parker, realizaron gran cantidad de estudios referentes al comportamiento de estos nuevos materiales que propiciaron posteriormente la aparición de los hornos Hoffman y hornos giratorios que sirvieron para conseguir resultados más óptimos en la producción de cemento.

La piedra natural consigue insertarse muy bien en la sociedad para simular grandes trabajos con piedra de verdad, pero mediante moldes. Gracias a su similitud con la piedra y el mármol crece una industria que se asienta bastante bien en la decoración, desvinculándose bastante de la construcción encargada de satisfacer la producción de elementos estructurales. Con la aparición de este nuevo material, multitud de arquitectos y artistas comenzaron a experimentar con él, llegando así a aparecer, en 1870, los primeros patentes sistemas de construcción de concreto armado: Patente Monie y Hennebique.

A partir del Siglo XIX hay un profundo estudio de las capacidades y de límites a los que se pueden llegar el uso del concreto armado, tanto con elementos verticales como horizontales. Empiezan las primeras construcciones integras en concreto y el uso de encofrados se expande a cualquier parte del edificio; encofrados verticales y horizontales, así como el movimiento Modernista, que huye del Eclecticismo de principios de la Edad moderna encuentra en la construcción con concreto armado la racionalidad de los materiales y la técnica.

Podemos decir que la evolución de los encofrados viene de parte de los ingenieros, sobre todo de “l’École des Ponts et Chaussées” de Francia, donde había una gran tradición de construcción con tapial, pero los que realmente crean la tendencia y la necesidad son los arquitectos que empiezan a insertar la mentalidad de olvidar adornos y ofrecer una arquitectura libre, sin esconder la estructura. Un ejemplo claro es Le Corbusier.

Empiezan a nacer los sistemas perfeccionados de encofrados como las losas de encofrados, seguridad, utilización de otros materiales, así como la evolución de elementos característicos de los encofrados; puntuales, planchas de acabado, reutilización.

Su uso queda claramente patente en las construcciones de los Rascacielos, Insignia de la época Contemporánea. (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

### **Época Contemporánea.**

Los actuales encofrados ofrecen una fácil y rápida solución para construir elementos de arquitectura modular como pueden ser muros u otros elementos de estructuras como si fueran una base.

En la actualidad, debido a las propiedades que ofrece la construcción con concreto, y debido a su rápida ejecución, el uso de sistemas de encofrados ha liberado el sector de la construcción haciendo una verdadera disciplina del antiguo sistema auxiliar; el encofrado.

Con el paso del tiempo, la construcción íntegra de concreto deja paso al perfeccionamiento del trabajo, del acero y su industrialización, adoptándose el acero como material eficiente en las construcciones medianas, grandes debido a su alta eficiencia y su rápido montaje.

El uso del concreto armado ha quedado mermado desde este punto de vista, pero ampliamente extendido para hacer estructuras como son columnas, losas, muros, grandes infraestructuras como puente, presas, canales, etc.

Así pues, podemos considerar que el asentamiento del uso de encofrados va directamente ligado con el uso del concreto armado en la construcción y como su extendido uso nos revela, el sistema de encofrados se ha posesionado en la actualidad como una herramienta básica y necesaria para realizarlos actuales proyectos.

Los encofrados metálicos tuvieron su espectacular auge una vez terminada la II Guerra Mundial, que les ha durado más de 20 años, pues les costó muchos esfuerzos y tiempo penetrar en el mercado, y sobre todo que éste tomara confianza con ese nuevo medio de encofrar, motivo por lo cual, es de acostumbrarse a obtener de él todas sus ventajas posibles,

comenzando por la forma de encofrar mediante paneles prefabricados de hasta 20 m<sup>2</sup>. (Herrera, Moreno y Robles, 2014)

### **Encofrado en el Perú.**

Los encofrados debido a su uso temporal y por no formar parte de la estructura definitiva, son considerados muchas veces de poca importancia en su contribución al resultado del elemento estructural a construir. En la práctica, la realidad nos muestra que de él depende, en gran medida, la calidad del elemento estructural. Desde el inicio de la utilización de los encofrados, se generalizó el empleo de la madera como la materia prima principal en la fabricación de encofrados.

Existe diferencias en los diversos países latinoamericanos, incluso en las denominaciones: En México se le llaman “cimbras”, en Ecuador, Perú y Argentina, “encofrados”, en Brasil “formas” y en Chile “moldes” o “moldajes”, pero en general de madera o sub productos de madera continúa siendo, el principal material en los encofrados, aunque en los últimos años se ha ido intensificando el uso de elementos metálicos, plásticos, entre otros.

En el Perú, la madera sigue siendo un material importante en encofrados ya sea simplemente aserrada o cepillada, que se utiliza como tablas y pies derechos para encofrar muros, columnas, vigas y normalmente losas aligeradas. Otro material comúnmente utilizado es el tablero contrachapado de madera, especialmente para el encofrado de bóvedas cascaras y concreto cara vista.

Para el encofrado se utiliza las siguientes normas: Norma E-060 – Concreto Armado, específicamente se menciona sobre el encofrado (en el capítulo 6) diseño de encofrados, remoción de encofrados y en la Norma G-050 Seguridad durante la Construcción en NTP (Norma Técnica Peruana) 400,033 andamios definiciones y clasificación y sus modificaciones. NTP 400,034 andamios requisitos y sus modificaciones. Y con todo lo que es de calidad de la madera lo respalda la Norma ITINTEC 251,104 96.

#### **2.2.1. ENCOFRADOS.**

Los encofrados permitirán obtener una estructura que cumpla con los perfiles, niveles, alineamiento y dimensiones requeridos por los planos y las especificaciones técnicas. Según el Reglamento de Edificaciones, se define de la siguiente manera:

“Conjunto de elementos que sirven para contener la masa de concreto hasta su endurecimiento, se les da también otros nombres, como formas, formaletas, moldes, etc.” (Bustamante, 2015).

### **2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS.**

Los encofrados se clasifican de la siguiente manera. (Botero, 2013):

#### **a. Encofrados Simples.**

Pertenecen a las pequeñas construcciones y son dominio del maestro de obras o albañil. Se utiliza la madera en su estado natural unida con clavos o con amarres y permiten realizar pequeños vaciados de concreto.

#### **b. Encofrados Horizontales.**

Son aquellos utilizados para la ejecución de estructuras horizontales como vigas y losas tradicionales y están compuestos por elementos para usos repetidos, como tableros, puntales y viguetas. Son diseñados para atender cargas verticales, no empujes, y se encuentran pre calculados para los estados de carga más usuales. Los bloques aligerantes, utilizados en losas nervadas.

#### **c. Encofrados Verticales.**

Utilizados para el vaciado de componentes verticales de las estructuras, como columnas, muros o placas y su trabajo principal es atender cargas horizontales por empuje del concreto en estado fluido. Sufren menos desgastes en su retiro, por lo tanto, tiene mayor durabilidad.

#### **d. Encofrados Industrializados.**

Constituyen una expresión desarrollada y probablemente integrada de los encofrados horizontales y verticales, pero involucran una alta racionalización en su diseño y permiten una alta productividad en la ejecución. Generalmente son objeto de patentes, el prototipo es aquel constituido por tableros metálicos que se utiliza para construcción masiva de vivienda.

#### **e. Encofrados Estacionarios.**

Son aquellos utilizados para prefabricar elementos de cualquier dimensión o forma.

### **2.3. SISTEMA DE ENCOFRADO METÁLICO.**

Antes del uso de las formaletas metálicas en muros la forma más común que se utilizaba era el uso del ladrillo macizo; en la actualidad se puede seguir viendo este tipo de construcciones, pero en proyectos particulares y en menor proporción se utiliza en las obras, donde se tiene la facilidad de trabajar con este sistema manoportable y donde no es rentable la adquisición del mismo, es decir no se justifica una inversión tan grande para algo relativamente pequeño. Por eso hay que resaltar que este sistema de encofrados para muros, placas y columnas se utilizan en grandes y mega proyectos de construcción.

Con el correr del tiempo, la tecnología y el proceso de industrialización fueron ganando terreno con el trabajo artesanal y los encofrados no escapan a esta realidad.

La necesidad por un lado de conseguir materiales que fuesen más económicos, resistentes y en ciertos casos más livianos que la madera; por otro lado, está la necesidad de proteger los bosques, hizo que aparecieran en el mercado una serie de sistemas de encofrados, realizados con distintos materiales como: metal, plástico, fibra, etc., que fueron desplazando poco a poco a los encofrados de madera.

Por otro lado, los costos pasan a controlar la ejecución de proyectos, por lo que una mayor velocidad en la construcción marcará la diferencia entre las distintas soluciones. Esto hace que se comience a innovar en tecnologías y la marca, por lo tanto, la creación de los moldajes trepantes, autotrepantes y deslizantes para la construcción de estructuras verticales.

El encofrado metálico posee como función primordial dar al concreto la forma proyectada, proveer su estabilidad como concreto fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las armaduras. También tiene como función proteger al concreto de golpes, así como de la influencia de las temperaturas externas y reducir la pérdida de agua, ya que es el ingrediente más fluido de los tres elementos que lo componen (cemento, gravilla y agua).

#### **Según PEÑA J. (1980)**

Los encofrados metálicos tuvieron su espectacular auge una vez terminada la II Guerra Mundial, que les ha durado más de 20 años.

No por eso, los encofrados convencionales han desaparecido, ni desaparecerán evidentemente. Lo que ha ocurrido es que la madera, en forma de vigas encoladas y tableros fenólicos, ha recuperado el mercado que por sus indudables ventajas le correspondía y que por abandono de los diferentes estamentos profesionales que la trabajaba, dejaron el campo libre a las indudables innovaciones que aportó el encofrado metálico, sin reaccionar a tiempo, o lo que es peor reaccionando tardíamente.

El encofrado metálico tiene que quedar circunscrito a empleos para los que sea más ventajoso que los “modernos sistemas de encofrado de madera”, como, por ejemplo, los encofrados de vigas pretensadas, los encofrados de túnel en ciertos casos, los encofrados deslizantes, los encofrados de columnas, los encofrados de canales y en general de obras lineales de gran longitud cuando se necesite dar un acabado fino a la cara de hormigón visto.

### **2.3.1. MATERIALES DEL ENCOFRADO METÁLICO.**

Hasta hace poco, el sistema de encofrado se podía realizar usando diversos materiales, siendo el más utilizado la madera seguido por los paneles, que están compuestos por piezas macizas o laminadas de 12 a 35 mm de madera.

En la actualidad son ensambladas en cola de milano múltiple o con estanquillas, encoladas en ondas delgadas encerradas por un herraje de acero galvanizado de 1mm de espesor como mínimo y enmarcadas con tubos de aluminio o acero galvanizado.

Los materiales más utilizados en el encofrado metálico, son los siguientes:

#### **a) Acero.**

El acero es una aleación de hierro con pequeñas cantidades de otros elementos, es decir, hierro combinado con un 1% aproximadamente de carbono y sumergido en agua fría adquiere el temple de gran dureza y elasticidad.

Hay aceros especiales que contienen, además, en pequeñísima proporción cromo, níquel, titanio, volframio o vanadio y se caracteriza por su gran resistencia, contrariamente a lo que ocurre con el hierro. Este resiste muy poco a la deformación plástica, por estar constituida solo con cristales de ferrita; cuando se alea con carbono se forman estructuras cristalinas diferentes, que permiten un gran incremento de su resistencia. Esta cualidad del acero y la abundancia de hierro le colocan en un lugar preeminente. Un 92% de todo el acero es simple acero al carbono el resto es acero aleado: aleaciones de hierro con carbono y otros elementos tales como magnesio, níquel, cromo, molibdeno y vanadio.

El acero forma una parte mínima de los encofrados, se encuentra presente a través del alambre galvanizado y los clavos, el cual le dan estabilidad al encofrado y permiten mantener la madera fija, evitando de esta manera que se deforme o se altere la forma original del elemento que se va a fundir. (Carabajo, Chimbo y Yaguana, 2010).

**b) Aluminio.**

Los compuestos de aluminio forman el 8 % de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas). Este metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis. Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante las aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX, el metal que más se utiliza después del acero. (Carabajo, Chimbo y Yaguana, 2010)

**2.3.2. EMPRESAS PROVEEDORAS DE ENCOFRADOS METÁLICOS.**

Existen diversos tipos de los encofrados metálicos y de empresas especializadas que se encargan en proveer soluciones integrales para las distintas necesidades, tanto, en el rubro de construcción de viviendas, como de obras civiles (infraestructura), se presenta a continuación, algunas empresas:

- a. FORSA:** Forsa Alum; Permite en un solo día y en una sola etapa vaciar el concreto, la fachada, los muros internos y las losas de una vivienda. Es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano fácil de armar, desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas. (FORSA)
- b. ULMA:** Consola G. de gran Carga, diseñada para la ejecución de partes de estructuras de concreto en voladizo y a considerable altura. Ejemplo, en la construcción del tramo 2 del Tren Eléctrico (ULMA).
- c. PERI:** Sistema de Encofrado Peri UNO; permite realizar muros, pilares, losas, vigas de cuelgue y escaleras con el método monolítico. El sistema tiene la ventaja en aumentar la productividad en la construcción, por ejemplo, de viviendas de fabricación en línea y viviendas masivas. (PERI).
- d. EFCO:** La empresa de alquiler de sistemas de encofrado EFCO inicio sus labores en el Perú a partir del año 1995, siendo sus primeros trabajos en conjunto con COSAPI en la construcción del Jockey Plaza, ubicado en Santiago de Surco. Cabe resaltar que

EFCO es uno de los pioneros en traer la tecnología de encofrado metálico al Perú en el año 1994, después le siguieron empresas como Unispan, Ulma, Peri, etc. (EFCO).

### 2.3.3. ELEMENTOS DEL ENCOFRADO METÁLICO.

#### ✓ Panel o formaletas.

Es una unidad que forma parte de una cara del moldaje, que es estructuralmente autosuficiente y no requiere de refuerzos externos.

Estos elementos son la parte principal y más importante del armado ya que tienen la función de soportar las cargas producidas por el concreto al igual que proporcionar un acabado ya sea liso o texturado, que depende de la necesidad de la obra.

*Figura N° 2: Panel para encofrado de columna.*

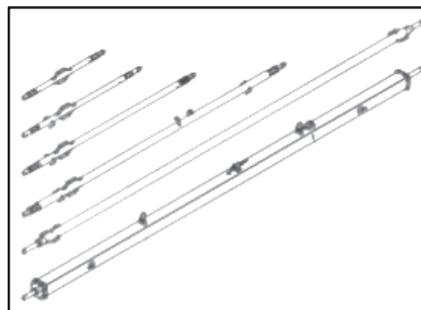


*Fuente: Catalogo de EFCO.*

#### ✓ Aplomadores.

Son elementos cuya función es alinear los distintos paneles y garantizar la continuación en la unión de los paneles del moldaje.

*Figura N° 3: Aplomadores metálicos.*

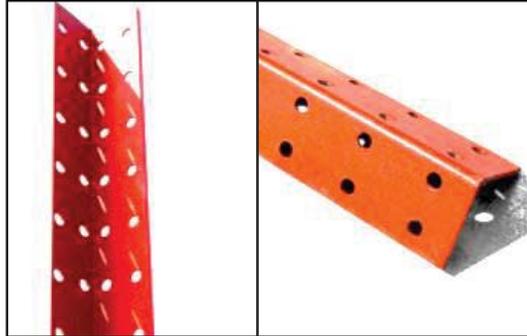


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Angulares.**

Son elementos que tienen como función la unión de paneles o formaletas en sus esquinas donde se genere un ángulo rectangular de 90°, aunque se pueden fabricar en ángulo diferente de acuerdo a la necesidad o diseño del proyecto.

*Figura N° 4: Angulares metálicos.*



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Rinconera.**

Conocido también como esquinero interno; es un elemento que determina el ángulo de giro interno de la estructura, ya sea entre dos muros y placa cuando el armado del encofrado es monolítico. El rinconero estándar es de 90° de giro interno, aunque se pueden fabricar en ángulo diferente, de acuerdo a la necesidad o diseño del proyecto.

*Figura N° 5: Rinconera.*

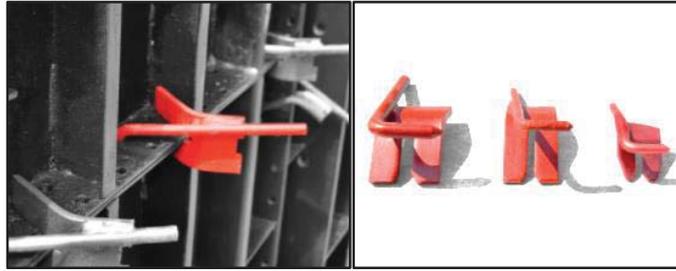


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Grapas.**

También llamados Chapeta o Sapitos, es un accesorio empleado para ensamblar los diferentes elementos entre sí, como son los tableros, rinconeras y ángulos, garantizando la perfecta unión entre los mismos y proporcionando un cierre perfecto para garantizar el acabado óptimo de la superficie de la estructura.

**Figura N° 6:** Grapas.



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Tapa muro.**

Es una lámina utilizada para el cierre de los muros, antepechos y dinteles en la estructura, cuando los muros son de espesor inferiores a 15 cm.

**Figura N° 7:** Tapa para muro.

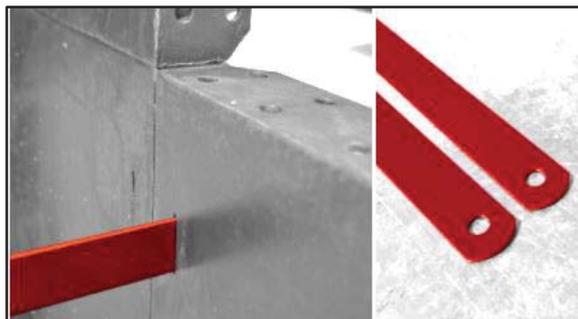


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Distanciadores.**

Conocido también como Tie o Corbata; es una platina que determina el espesor de los muros, pantallas o columnas, los cuales se anclan a los tableros enfrentados entre sí y atraviesan la estructura conformada entre los dos paneles. Este elemento se retira del muro fraguado para su posterior uso.

**Figura N° 8:** Distanciador.

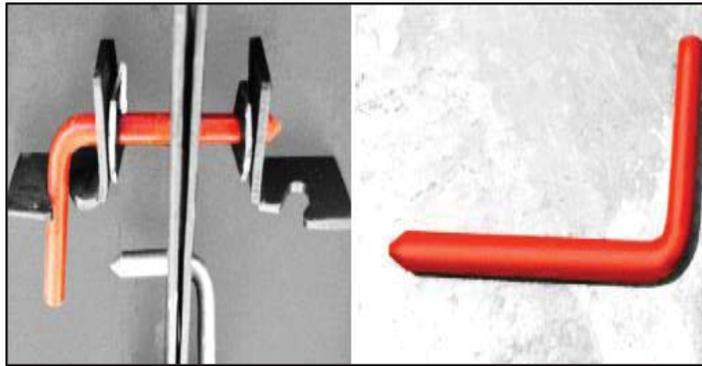


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Pin.**

El pin de anclaje se utiliza para fijar el distanciador a los tableros o paneles en el sistema de armado tradicional. Para el sistema industrializado este elemento se reemplaza por la grapa de unión de tableros.

*Figura N° 9: Pin.*



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Alineador.**

El alineador es un perfil estructural en C, el cual se ancla a los tableros ensamblados entre sí para proporcionar una perfecta rectitud en la estructura armada tanto en forma horizontal como vertical.

*Figura N° 10: Alineador.*



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Tensor.**

Este accesorio se utiliza para anclar el alineador a los tableros, logrando así el perfecto alineamiento del encofrado a todo el largo y alto de la estructura armada. Armado este elemento en conjunto con el resto del equipo proporciona la rigidez en todo el sistema del encofrado.

**Figura N° 11: Tensor.**

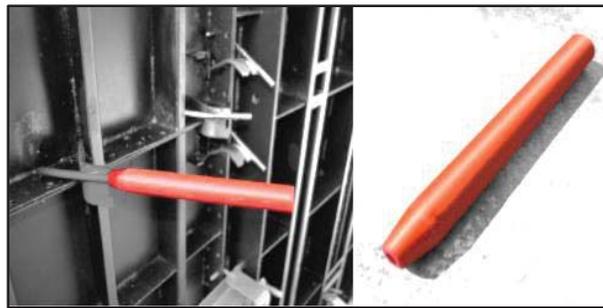


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Tubo.**

Llamado también saca pines. Este accesorio trabaja en conjunto con la grapa y el pin y se utiliza como palanca para facilitar el armado de los accesorios a los paneles o tableros.

**Figura N° 12: Tubo.**



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Uña.**

Este elemento sirve para alinear las perforaciones de las bandas laterales de los tableros, rinconeras, tapa muros y ángulos entre sí, para facilitar la instalación de las grapas, pines y distanciadores y poder así ensamblar todo el encofrado de una manera más rápida y eficaz.

**Figura N° 13: Uña.**

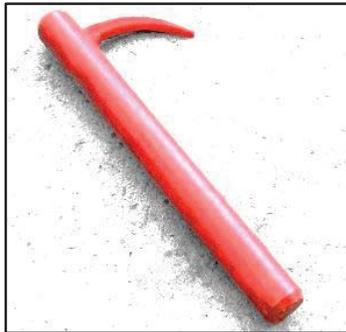


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Martillo extractor.**

Conocido también como saca corbatas. Este elemento se utiliza para extraer los distanciadores de la estructura de concreto ya vaciada y endurecida. De igual forma trabaja en conjunto con el rastrillo para facilitar el desencofrado de los tableros o paneles en la estructura.

*Figura N° 14: Martillo extractor.*

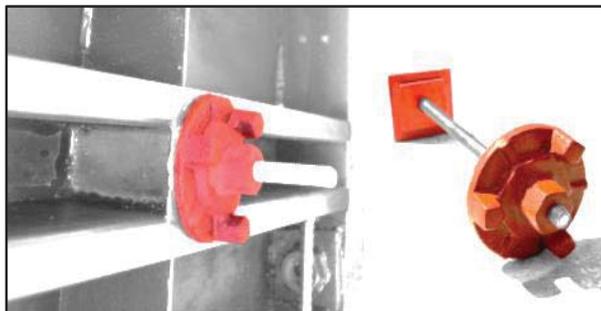


*Fuente: Catalogo de Formesan.*

✓ **Pin de fijación y tuerca Golilla.**

Este tipo de elemento es doble propósito ya que se puede usar en la formaleta de columna ajustable para juntar y asegurar los vértices o para reemplazar las corbatas planas por corbatas recuperables roscadas, van en longitudes desde los 10cm hasta los 90cm y diámetros desde 12mm hasta 21mm.

*Figura N° 15: Pin de fijación y tuerca Golilla.*



*Fuente: Catalogo de Formesan.*

### **2.3.4. PARÁMETROS DEL ENCOFRADO METÁLICO.**

La norma E-060 presenta los espesores mínimos de los muros a construir en las obras civiles. Esto limita los diseños y espesores de formaletas; hay que aclarar que el proyecto está encaminado al diseño de una formaleta estándar de la norma E-060 y A.C.I., es decir, si

se deseara diseñar con otros espesores de columnas y placas que sobrepasen este diseño estándar se tendrá que volver a recalcular.

Para la construcción de las formaletas se deben tener en cuenta todos los elementos que lo conforman. Hay que aclarar que las definiciones de la norma en cuanto al concreto y sus elementos, se deben tener bien definido.

### **2.3.5. TIPOS DE LOS ENCOFRADOS METÁLICOS.**

#### **a) Encofrados para Losas.**

El encofrado de losa es idóneo para la construcción de todo tipo de estructuras horizontales de concreto: losas, vigas, etc.

Se trata de un sistema sencillo y de grandes rendimientos enfocado a la construcción de edificios (viviendas, centros comerciales, parkings, hospitales, aeropuertos etc.). (ULMA, 2018)

*Figura N° 16: Encofrado de losa.*



*Fuente:* ULMA.

#### **b) Encofrados para Placas y/o Muros.**

El sistema de encofrado metálico es un encofrado vertical idóneo para construir todo tipo de elementos estructurales, tanto en edificación como en obra civil (encofrado de muros, encofrado de columnas, estribos, zapatas). Destaca su gran rendimiento, con mínimos costos en mano de obra y tiempo de colocación.

Está compuesto principalmente por paneles, unidos mediante grapas, dispuestos en conjuntos que constituyen el encofrado. Dispone de elementos que solucionan todo tipo de geometrías de manera eficaz y segura. (ULMA, 2018).

*Figura N° 17: Encofrado de placas y/o muros.*



*Fuente:* ULMA.

**c) Encofrados para Columnas.**

Los sistemas de encofrado dan la forma proyectada o deseada al concreto y contenerlo hasta su fraguado. Tanto los encofrados modulares como los encofrados de columnas de diferentes secciones aportan estabilidad, aseguran la correcta colocación del fierro, protegen al concreto de golpes, de las variaciones de temperatura. (ULMA, 2018)

*Figura N° 18: Encofrado de columnas.*



*Fuente:* ULMA.

**2.3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENCOFRADOS METÁLICOS.**

El sistema de encofrados metálicos se caracteriza por su economía, versatilidad, simplicidad, reducción de componentes, rendimientos altos de montaje y desmontaje.

**a. Características físicas.**

- ✓ Resistencia, todas las partes del encofrado son resistentes a la corrosión, esfuerzos de tensión y compresión. Soportan una presión Máxima del vaciado de  $5,850 \text{ kg/m}^2$  a una altura de 2,4 m.

- ✓ Tamaño y peso, de 1m<sup>2</sup> es de 35 kg aproximadamente, lo que permite que un solo operario pueda maniobrar los paneles y sus accesorios. Módulo de 1,20 m x 0,60 m =26 kg. Módulo de 2,40 m x 0,60 m =45 kg.

**b. Características funcionales.**

- ✓ Acabado liso y texturizado.
- ✓ Modular y versátil esta característica ofrece la formaleta metálica.
- ✓ Mano portable, los encofrados son instalados de forma manual por un bajo número de operarios.
- ✓ Diversidad de formas, se adapta a las necesidades de las obras y a cualquier tipo de diseño o requerimiento de proyecto.
- ✓ Fácil de transportar, cuenta con sistemas que facilitan la sujeción cuando se transporta de forma manual o mecanizada.
- ✓ Su funcionabilidad en ambos sentidos horizontal y vertical.

**2.3.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ENCOFRADO METÁLICO.**

Las ventajas del encofrado metálico son:

- ✓ *Alta productividad:* se caracterizan estos equipos por ser prácticos y poseer pocos elementos y accesorios.
- ✓ *Economía para el proyecto:* este sistema permite un ahorro significativo en los costos de mano de obra, materiales, acabados, y otros ahorros indirectos por la reducción de los tiempos de ejecución de la obra.
- ✓ *Calidad en los acabados:* se diseña para soportar las presiones y cargas de vaciado más exigentes de los procesos constructivos, por lo cual sufren mínimas deflexiones en trabajo. Un proceso de control de calidad permite tener siempre los equipos en perfecto estado de conservación.
- ✓ *Mayor rigidez estructural:* durante el vaciado de concreto en placas y columnas de hasta 6 m de altura monolíticas en una sola operación.
- ✓ No necesita mano de obra especializada.
- ✓ Diseñados para ser reutilizados 1500 veces (FORMESAN) con un adecuado mantenimiento lo que permite reducir los costos en obra.
- ✓ Menor desperdicio de material y tiempo en la ejecución de la obra.
- ✓ Adaptable a cualquier diseño por la variedad de medidas de los módulos planos y curvos.

- ✓ Agiliza la programación del proyecto, reduciendo costos en la mano de obra y en los acabados.

Desventajas de los encofrados metálicos son:

- ✓ Por no poseer propiedades térmicas, se tiene que tomar precauciones especiales en climas extremadamente cálido o frío.
- ✓ Donde hay un bajo número de usos resulta muy costosos.

### **2.3.8. MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS METALES.**

El mantenimiento y almacenamiento es de la siguiente manera:

- ✓ Agua y espátula para limpiar el concreto pegado.
- ✓ Latonear con maceta para reducir abolladuras.
- ✓ Soldadura y polidora para reparar zonas rotas.
- ✓ Muchas veces los paneles no tienen arreglo y toca reemplazarlos.
- ✓ Durabilidad 1500 usos con un mantenimiento adecuado.

### **2.4. SISTEMA DE ENCOFRADOS DE MADERA.**

El encofrado de madera se crea en obra, utilizando piezas de madera aserrada, rollizos y enchapadas. El montaje es fácil de realizar, pero su elaboración es lenta para el caso de estructuras de proporciones considerables. Este sistema se utiliza para obras pequeñas, en el cual la mano de obra es económica, son flexibles y sus formas son más variadas, se observa su combinación con otros sistemas de encofrados. Para el caso de Cusco en algunas edificaciones, se utiliza madera aserrada corriente y los rollizos de eucalipto.

#### **2.4.1. REQUISITOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.**

La madera a usarse para la elaboración de encofrados de cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Debe ser liviana, y suficientemente resistente, con módulos de elasticidad que asegure la menor deformación posible.
- ✓ Debe evitarse usar madera húmeda, ya que, al secarse en obra puede deformarse, además ofrecer menor resistencia.
- ✓ Evitar usar madera muy seca, ya que puede absorber parte de la humedad del concreto e hincharse. Se recomienda usar madera seca al aire libre.
- ✓ La madera debe estar libre de defectos, tales como nudos, rajaduras, alabeos, etc., que disminuye la resistencia o en el caso de concreto caravista, que puedan aparecer en la superficie de estructura.

## **2.4.2. MATERIALES DEL ENCOFRADO DE MADERA.**

Los materiales que son utilizados en los encofrados, son los siguientes:

### **A. Madera.**

La madera es una sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como material de construcción y combustible.

La madera considerada es corriente para el encofrado, el cual nos llega aserrado en forma de tablas y tablones a nuestra región.

#### **Defectos en la madera:**

El nudo es uno de los defectos más difíciles de tratar y frecuentes que se encuentran en la madera, debido a la presencia de una rama comprendidos en la madera del tronco.

Los nudos pueden disminuir en un 20% la resistencia en compresión de la madera y en un 40 o 50% la resistencia a la tensión. Debe buscarse una madera con el menor número de nudos posible para asegurar la elaboración de un encofrado (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

#### **Tratamiento, conservación y protección de la madera.**

Las situaciones o circunstancias en que la madera es menos durable o se deteriora con mayor facilidad son:

- ✓ Cuanto más cálida y húmeda es la temperatura ambiente, más rápida se deteriora la madera.
- ✓ Las maderas en contacto con la tierra, sufren alteraciones más o menos rápidas, que acaban por deteriorarla, de tal manera que ya no cumplen con el fin a que se han destinado. Así las maderas que se emplean en la construcción de entarimados de edificio, bien abrigados y continuamente secos pueden durar mucho tiempo; los arboles cuyo crecimiento es lento dan maderas mejores, esto se debe a que las maderas que han crecido lentamente se han hecho compactas.

### **A.1. Propiedades de la Madera.**

Entre las propiedades principales de la madera es la gran resistencia, dureza, rigidez en proporción directa a su densidad básica.

Sus propiedades físicas que posee la madera, se encuentra en: (Herrera, Moreno y Robles, 2014):

### 1.- La Humedad.

Es la cantidad de agua contenida en la madera, una buena madera no debe ser muy seca, ni tampoco saturada, al estar muy seca esta se hincha en contacto con el agua y saturada produce una disminución de la resistencia.

El nivel óptimo de humedad está calculado en un 18 a 22% ya que esto evita la proliferación de hongos y la contracción o dilatación que dañaría las dimensiones y acabados de los elementos.

### 2.- Contracción y dilatación.

Si la madera se contrae por su alto contenido de humedad, al evaporarse el agua se originan presiones internas que dañan la madera; si se dilata daña los acabados, haciéndolos lucir con curvas y deflexiones indeseadas.

### 3.- Peso específico.

El peso específico de una pieza de madera ( $850 \text{ Kg/m}^3$ ), puede variar con la luz solar y la época de corte. Una madera entre más densa es, presenta una mayor resistencia a los esfuerzos a que es sometida.

## A.2. Calidad de la madera.

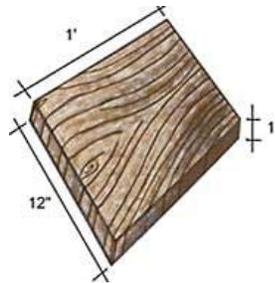
Los principales defectos presentados en la madera son nudos, agujeros, grietas, manchas, deformaciones o alabeos, bolsillos de corteza y resina, putrefacción, ataque de insectos, decoloración, etc. Estos propios de cada especie.

## A.3. Dimensiones: escuadrías y largos.

La madera aserrada se comercializa en pies tablares; por ejemplo, para la cubicación de las piezas se utiliza la siguiente formula:

*Figura N° 19: Dimensiones de una madera.*

$$V = \frac{E * A * L}{12}$$



✓ V = Volumen en pies tablares (pt)

- ✓ E = Espesor de la tabla en pulgadas (")
- ✓ A = Ancho de la tabla en pulgadas (")
- ✓ L = Longitud de la tabla en pies (')

La madera se suministra en distintas escuadrías de acuerdo con su uso, las medidas comerciales en nuestro medio son:

- ✓ Tablas de 1 ½" x 8" x 10' (38 mm x 203 mm x 3,048 m) para armado de formaletas de diferentes elementos.
- ✓ Tablas de 1 ½" x 10" x 10' (38 mm x 254 mm x 3,048 m) para fondos de vigas y costados de columnas.
- ✓ Listones de 2" x 2" x 10' (50 mm x 50 mm x 3,048 m) utilizados como tornapuntas.
- ✓ Listones de 2" x 3" x 10' (50 mm x 76 mm x 3,048 m) utilizados como barrotes y tornapuntas en el encofrado de columnas
- ✓ Listones de 2" x 3" x 10' (50 mm x 101 mm x 3,048 m) utilizados como soleras para armado de losa aligerada o maciza.
- ✓ Listón de 3"x3"x10" (76 mm x 76 mm x 3,048 m) utilizado como pie derecho.
- ✓ Esta demás indicar que conforme la madera va perdiendo humedad (secado) va reduciendo considerablemente sus dimensiones hasta en un 3,85% en la dirección perpendicular a las fibras y en 0,98% en la dirección paralela a las fibras.

### **Cubicación de rollizos según fórmula Doyle.**

Es una de las reglas más utilizadas actualmente; como característica principal puede señalarse, que es buena su aproximación al volumen real. Teniendo en cuenta que el diámetro a medir es el diámetro menor del trozo.

$$V = (D'' - 4)^2 \times \frac{L'}{16} = Pt.$$

Dónde:

V = Volumen (Pt) = (Pies Tablares).

D = Diámetro Menor (Pulgadas).

L = Longitud (Pies).

### ***Equivalencias.***

En un metro cúbico (m<sup>3</sup>) de madera aserrada existe 424 pies tablares de madera. En un metro cúbico (m<sup>3</sup>) de madera rollizo existe 220 pies tablares de madera.

*Ejemplo:* Las mediciones se realizan con el diámetro más pequeño del trozo. Se tiene que el diámetro = 29” y con una longitud = 20’. Reemplazando en la formula se tiene:

$$V = (29 - 4)^2 \times \frac{20}{16} = 781,25 \text{ Pt.}$$

Sabiendo que  $1\text{m}^3 = 220 \text{ Pt.}$  Entonces el volumen es;  $V = (781,25/220) = 3,55 \text{ m}^3$

#### 4.- Durabilidad.

La capacidad que tiene la madera de resistir al ataque de hongos de pudrimiento e insectos es variable y se denomina durabilidad natural. Sin embargo, es posible aumentar artificialmente la durabilidad de la madera mediante tratamientos de preservación.

#### A.4. Clasificación de la madera.

En la naturaleza encontramos una gran variedad de maderas, los cuales dependiendo del árbol que se obtengan, por ejemplo, maderas coníferas y maderas frondosas. De esta manera se muestra una relación de maderas usadas en la construcción (Arqhsy, 2017).

**Tabla 1:** Relación de maderas usadas para producción de encofrados.

MADERA	N	%
CAOBA	1	54,20
ROBLE	7	36,80
CEDRO	1	51,40
QUINILLA	3	17,50
ESTORAQUE	3	16,00
ISHPINGO	5	25,50
PINO	7	34,90
CUMALA	5	24,10
CACHIMBO	3	16,00
HUAYO	1	8,50
PUMAQUIRO	1	7,10
SHIHUAHUACO	2	9,40
CAPIRONA	4	20,30
TORNILLO	1	58,00
TAHUARI	2	12,30
CONGONA	2	13,20
LAGARTO	2	11,30
MOENA	4	19,30
CATAHUA	1	6,10
OTROS.	4	1,90
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** Estudio del mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción, CITE madera.

Según el R.N.E - E.010 clasifica en 3 grupos A, B, C esto se realiza en función de su densidad básica.

Se define densidad básica como la relación de la masa de la madera anhidra de una determinada pieza de madera y el volumen de madera verde de la misma pieza

En el Perú y en toda Latinoamérica la madera más abundante son las latifoliadas (Árboles frondosos de hojas anchas propios de climas tropicales), estas maderas presentan una densidad básica que van desde 0,13 kg/cm<sup>3</sup> hasta 1,20 kg/cm<sup>3</sup>.

Grupo	Densidad Básica gr/cm <sup>3</sup>
A	≥ 0,71
B	0,56 – 0,70
C	0,40 – 0,55

Y en función a estos valores se puede establecer lo siguiente:

*Tabla 2: Grupo estructural de la madera.*

GRUPO ESTRUCTURAL		A	B	C
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )		≥ 0,71	0,56 - 0,70	0,40 - 0,55
Esfuerzos admisibles (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión paralela (fc //)	145	110	80
	Compresión perpendicular (fc ⊥)	40	28	15
	Tracción paralela (ft)	145	105	75
	Flexión (fm)	210	150	100
	Corte (fv)	15	12	8
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo al 5% de "e"	95 000	75 000	55 000
	Promedio	130 000	100 000	90 000

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E – 010.*

### Clasificación de la madera de acuerdo al uso:

- ✓ **Maderas del grupo A.-** Recomendado para construcción pesada, para obras portuarias donde lo más importante es la durabilidad, resistencia y no tanto la trabajabilidad de la madera.
- ✓ **Maderas del grupo B.-** Recomendado para uso en ciertas estructuras o piezas de estructura semipesados.
- ✓ **Maderas del grupo C.** Estas maderas pueden ser utilizada como madera utilitaria de construcción, donde combine resistencia y facilidad de trabajo conjuntamente con otras facilidades de trabajo (facilidad de corte, calado, clavado, montaje, etc.)

De lo anterior se puede observar que no todas las maderas pueden ser utilizadas para trabajos de encofrados y sobre todo determina su valor comercial, a continuación, presentamos un cuadro con sus propiedades física de las maderas más utilizadas para el encofrado:

- ✓ C.H.: Contenido de humedad.
- ✓ D.B.: Densidad básica.
- ✓ C.R.: Contracción radial.
- ✓ C.T.: Contracción tangencial.
- ✓ C.V.: Contracción volumétrico.
- ✓ T/R: Contracción tangencial por contracción radial.

Propiedades físicas de las especies de madera, utilizadas en encofrados.

**Tabla 3: Propiedades físicas de la madera.**

N°	Nombre común	C. H. %	D. B. g/cm <sup>3</sup>	C. R. %	C. T. %	C. V. %	T/R
1	Aguano cumala	177,47	0,35	6,00	9,20	14,73	1,53
2	Añuje moena	72,07	0,60	5,67	7,67	13,00	1,34
3	Capinurí	153,87	0,37	3,27	6,07	9,53	1,85
4	Carahuasca	92,67	0,41	4,87	7,27	12,07	1,49
5	Caucho Masha	146,67	0,42	4,00	4,53	8,53	1,13
6	Goma pashaco	113,93	0,32	3,07	6,20	9,33	2,01
7	Loro shungo	100,33	0,49	4,40	-	-	-
8	Pashaco curtidor	196,60	0,31	3,87	8,07	11,94	2,08
9	Punga	247,00	0,21	2,27	4,53	6,80	1,99
10	Huamansamana.	280,53	0,25	4,33	6,13	10,27	1,41
11	Zapote	187,32	0,43	3,81	8,97	11,80	2,35
12	Eucalipto*		0,73	4,4	10,8	15,2	2,45

*Fuente: Compendio de información técnica de especies forestales de Perú.  
\* Usos alternativos de la madera de Eucalipto.*

### B. Clavos.

El clavo más común es de alambre de acero, los tamaños más generalizados son 51 mm (2"), 38 mm (21/2"), 76 mm (3") y 102 mm (4") con una cabeza. Hay clavos con dos cabezas de forma de facilitar el desencofre. Una regla muy común es utilizar clavos de longitud doble al plano perpendicular de la madera que se va a clavar.

### C. Alambres.

Se utiliza como tensores en los encofrados de muros, columnas y vigas para soportar las presiones sobre las paredes equilibrándose entre sí, se colocan apoyados a las costillas y carreras se le conoce con el nombre de tensores. Los alambres más comunes a utilizar es el alambre negro recocido N° 8 y N°16.

#### **D. Tornillos.**

Se utilizan como tensores con igual uso que los alambres, pero en los casos de mayor presión o encofrados diseñados para un uso específico. Los diámetros más comunes son de 5/8 para varilla roscada y para espárragos de 5/8 y 3/4.

#### **2.4.3. ELEMENTOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.**

Los elementos del encofrado de madera según la Norma NTP 400,033 (andamios, definiciones y clasificación), se determina los siguientes elementos:

##### **a. Tableros.**

Estos se encuentran en contacto directo con el concreto y le dan la forma al elemento estructural. Estas formas reciben varias denominaciones: tableros, paneles, tablas retículos o cajones, formaletas, etc. Se puede conseguir fabricados de varios materiales: madera, aglomerantes, plástico, fibra metal, etc.

##### **b. Barrotes.**

Estos se encuentran adosados a las superficies de los tableros, su función es impedir que estas sufran deformaciones transversales y/o longitudinales. Además de dar rigidez, pueden servir de apoyo a otros elementos. La separación de los barrotes, va en función directa de las presiones que estas tengan que resistir.

##### **c. Piezas de soporte y apuntalamiento.**

La función que cumple estos elementos es de apoyo a los encofrados, recibiendo las cargas producidas por el peso propio de los moldes y piezas de refuerzo, así como también las producidas por el concreto, hasta que alcance la resistencia necesaria como para soportarse por sí mismo. Existen diferentes tipos de soportes, que según su posición cumplen con una función específica.

##### **✓ Puntales.**

Son elementos esbeltos de madera o metal, que se orientan verticalmente. Se utilizan para transmitir las cargas a un estrato firme. Soportan fuerza axial; son utilizadas principalmente en losas y vigas.

Se coloca un barrote en la parte superior junto con dos piezas de arriostre que lo refuerzan.

✓ **Cabezales.**

Elemento estructural horizontal que sirve de soporte en los encofrados de viga. El cabezal, pie derecho y las tornapuntas constituyen la pieza monolítica de soporte del encofrado de una viga y será necesaria de acuerdo a su longitud.

✓ **Pies derechos.**

Los pies derechos soportan el peso del concreto. Pueden ser eminentemente verticales o una inclinación máxima de 45° cuando son utilizados como tornapuntas en el encofrado de los elementos verticales.

✓ **Tornapuntas.**

Estos son de rollizos de eucalipto, también pueden ser metálicos, tienen una doble función; por un lado, sirven para contrarrestar las fuerzas que actúan contra el encofrado debido a los concretos vaciados en encofrados a contramuro se encargan de transmitir las cargas de presión del concreto a los muertos o durmientes.

**d. Soleras.**

Se utilizan en todo tipo de losas y vigas. Vienen a ser un elemento de arriostre entre los pies derechos, se tiene que dimensionar.

#### **2.4.4. TIPOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.**

**a. Encofrados de Sobrecimiento.**

En la parte superior del cimiento se construirá el sobrecimiento y este tendrá el mismo ancho que el muro que soportará.

La altura de los sobrecimientos variará de acuerdo a las características del terreno. Esta altura depende de la diferencia entre el nivel de la superficie del cimiento y el nivel escogido para el piso, más unos 10 cm. Estos 10 cm de sobrecimiento por encima del piso terminado, nos sirven para proteger al ladrillo de las paredes de cualquier humedad que a futuro podría provenir del exterior de la casa o de su mismo interior (Aceros Arequipa, 2016).

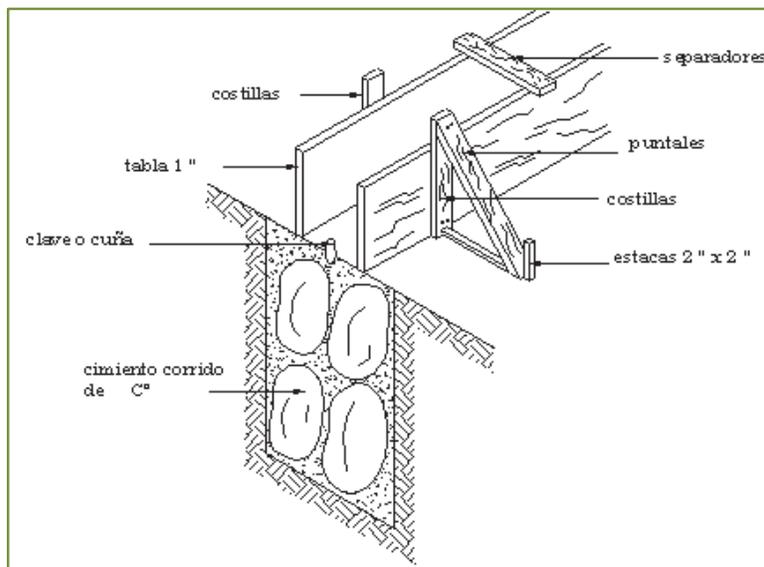
#### **Procedimiento del encofrado de sobrecimiento.**

### 1° Armado del encofrado.

Una vez que se empiece con la colocación del encofrado, se deberá verificar que las tablas a utilizar se encuentren en buen estado, limpias y no arqueadas. Los costados de los encofrados están formados por tablas de 1" o 1½" de espesor y de anchos variables, de acuerdo a las alturas de los sobrecimientos.

Estas tablas, por su cara exterior, se unen a través de barros de madera de 2" x 3" separados cada uno por 60 cm. Para asegurar la verticalidad y estabilidad del encofrado, se usan otros barros, también de 2" x 3", los cuales se aseguran contra una solera fijada con estacas al suelo. (Aceros Arequipa, 2016).

*Figura N° 20: Estructura del encofrado de sobrecimiento.*



*Fuente:* [www.ingenierocivilinfo.com](http://www.ingenierocivilinfo.com)

### 2° Recubrimiento y separación.

Al momento de colocar las tablas, se deberá tener en cuenta que los fierros de las columnas (sobre cimientado si lo hubiera), deben quedar exactamente en el medio de la distancia entre ambas caras del encofrado. Para esto se usan los dados de concreto, así se garantizará un adecuado recubrimiento de las barras de acero al momento de vaciar el concreto.

Al terminar de armar todos los encofrados, se debe hacer una verificación de ejes y niveles, ya que una vez vaciado el concreto será muy complicado hacer las correcciones. Igualmente, se debe verificar la verticalidad de los encofrados con ayuda de una plomada. (Aceros Arequipa, 2016).

## b. Encofrado de Columnas.

**Columna.** “Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que tres, usando principalmente para resistir carga axial de compresión.” (Bustamante, 2015)

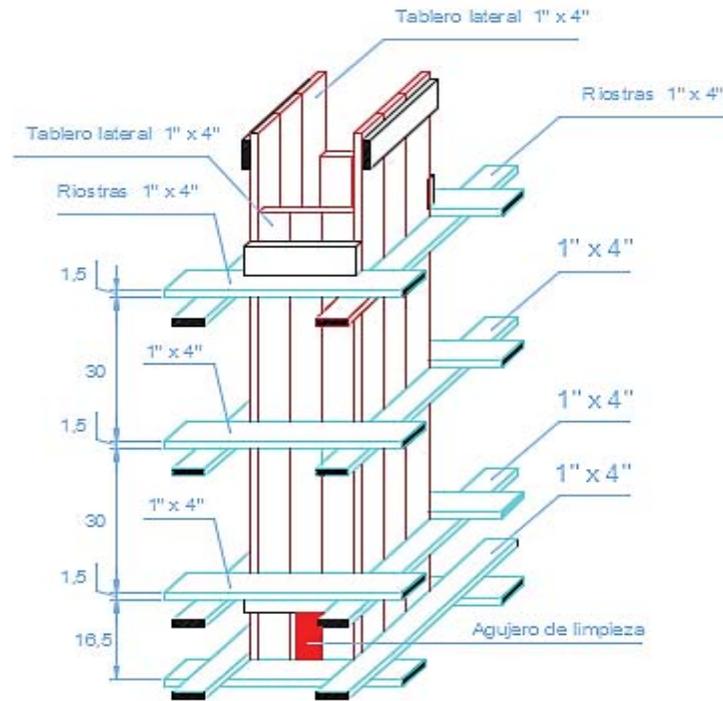
Una vez levantado el sobrecimiento, se arman los encofrados de las columnas. Éstos servirán de molde durante el vaciado del concreto, dando las formas y las dimensiones que se especifican en los planos. Son tres las condiciones básicas a tenerse en cuenta en la construcción de encofrados:

- ✓ Seguridad
- ✓ Precisión en las medidas
- ✓ Economía

De estas tres exigencias, la más importante es la seguridad. Frecuentemente, ocurren accidentes en obra ocasionados por la falla de los encofrados y que son producidos principalmente por no considerar la real magnitud de las cargas, por el empleo de madera en mal estado, por secciones insuficientes y por procedimientos constructivos inadecuados.

La calidad de los encofrados también está relacionada con la precisión de las medidas, con los alineamientos y el aplomado, así como con el acabado de las superficies de concreto.

*Figura N° 21: Estructura del encofrado de columna.*



Fuente: CivilGeeks.com

## **Procedimiento del encofrado de columnas:**

### **1° Habilitación del encofrado.**

Lo primero que se hace, es verificar la existencia en cantidad y calidad de todos los insumos a utilizar, como tableros, barrotes, puntales, etc.

La madera y tablas que han de usarse para los encofrados deberán estar en buen estado, limpias de desperdicios y serán rechazadas si presentan arqueos o deformaciones que perjudiquen la forma final del elemento a vaciar. Los costados de los encofrados de columnas están formados por tablas de 1" o de otro modo de 1 1/2" de espesor y de anchos variables, de acuerdo a las dimensiones de las columnas (por lo general se utilizan anchos de 8"). Los encofradores empezarán por habilitar la madera, es decir, cortarán y juntarán una pieza con otra, verificando su alineamiento y buen estado.

Asimismo, las superficies de los encofrados que estarán en contacto con el concreto, serán bañadas de petróleo, con el fin de evitar que la madera se pegue con el concreto endurecido. Esto hará más fácil el desencofrado. (Aceros Arequipa, 2016).

### **c. Encofrado de Vigas.**

Los elementos principales de los encofrados de vigas son: el fondo del encofrado, los tableros de los costados formados por tablas, barrotes y tornapuntas de soporte, y las "T", formada por los cabezales, los pies derechos y las crucetas.

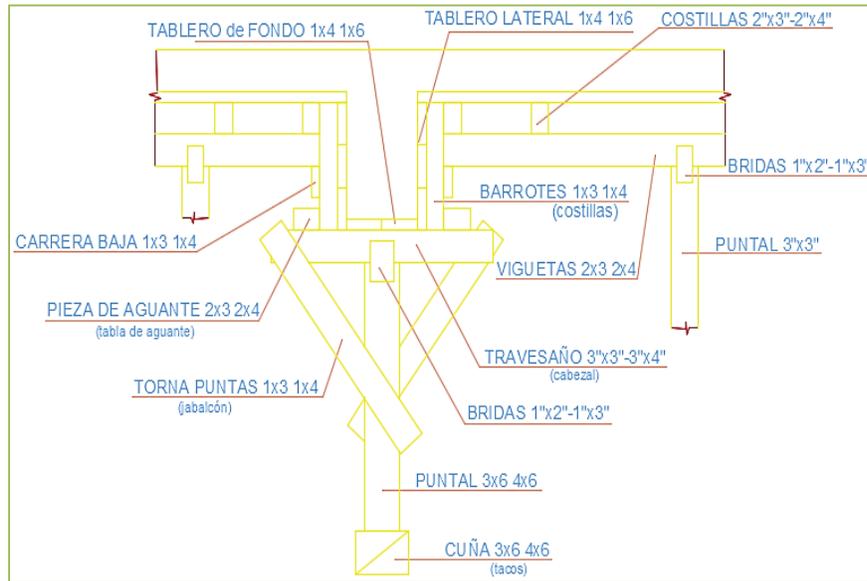
El fondo generalmente está formado por tablas o tablones de 1 1/2" de sección por el ancho que corresponde al ancho de las vigas.

En los tableros de los costados, se emplea tablas de 1" o 1 1/2" montadas sobre barrotes de 2" x 3" ó 2" x 4" de sección.

Las "T" de madera cumplen la función de soportar las cargas. Los pies derechos y cabezales deben tener secciones de 2" x 3" ó 2" x 4" y la altura requerida para alcanzar el nivel del vaciado.

En primer lugar, se colocarán los pies derechos que soportarán el encofrado. Éstos se regulan al contacto con el suelo por medio de cuñas de madera. Por ningún motivo se debe utilizar piedras, cartón o cualquier otro material débil, pues pueden fallar con el peso al que serán sometidos. (Aceros Arequipa, 2016).

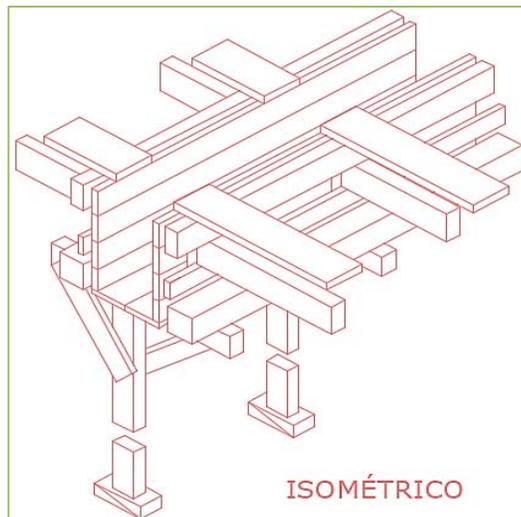
**Figura N° 22: Estructura del encofrado de Viga.**



*Fuente:* CivilGeeks.com

La distancia entre estos pies derechos deberá ser como máximo de 90 cm, de ser mayor se podrían producir hundimientos en el entablado.

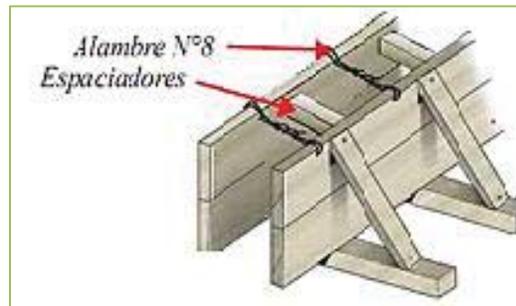
**Figura N° 23: Isométrico del encofrado de viga.**



*Fuente:* CivilGeeks.com

Los tablonos o tableros de los costados, que servirán para dar forma a la sección de viga, contarán con espaciadores de madera y pasadores de alambre N° 8. Con estos dos elementos se garantiza que el ancho de las vigas sea el que se especifica en los planos.

**Figura N° 24: Espaciadores.**



**Fuente:** Manual del maestro constructor.

Los barrotes, que sirven de apoyo a los tablones de los costados de la viga, serán soportados por elementos diagonales llamados tornapuntas, que los arriostran con los cabecales de las "T". Una vez armado el encofrado, debe verificarse que esté perfectamente horizontal. Para eso, contamos con la ayuda de un nivel de mano.

**Consideraciones:**

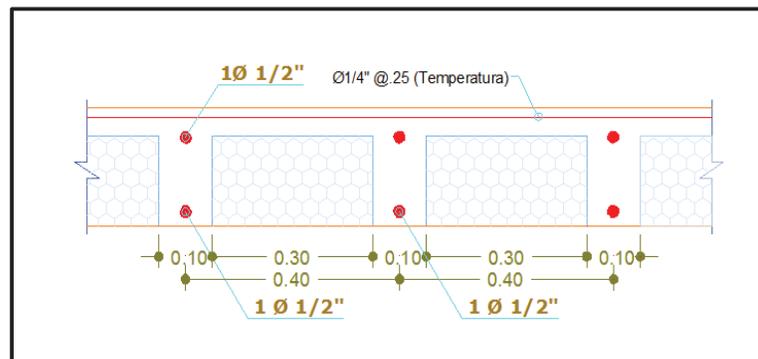
Antes de empezar a encofrar, se deberá verificar que la superficie del suelo sobre la cual se apoyarán los puntales, esté bien compactada y tenga de preferencia falso piso. De esta manera, evitaremos que los puntales se hundan y desnivelen el encofrado.

No es recomendable usar pies derechos que estén conformados por piezas de madera empalmadas, ya que los empalmes podrían fallar durante el vaciado y producir hundimiento del encofrado y posibles accidentes. (Aceros Arequipa, 2016).

**d. Encofrado de Losa Aligerada.**

El techo aligerado está constituido por viguetas, losa y ladrillos huecos, como se muestra la figura.

**Figura N° 25: Losa aligerada.**



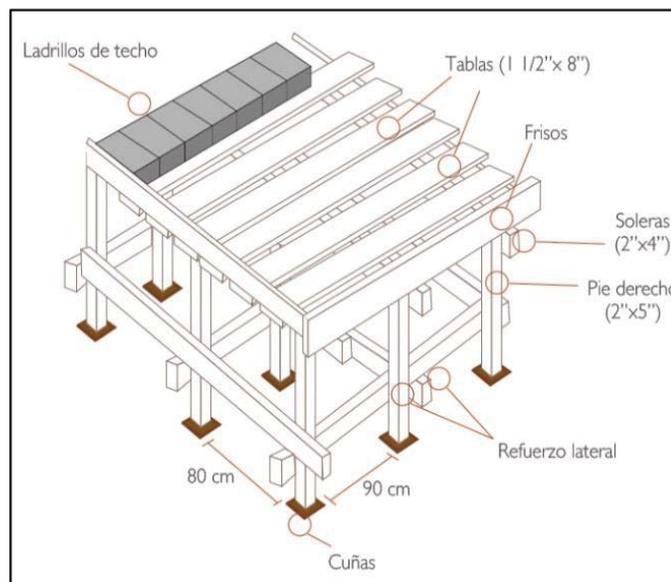
**Fuente:** Elaboración propia.

Los ladrillos para techos generalmente miden 30 cm de ancho por 30 cm de largo, con diferentes alturas que dependen de la longitud libre de los techos y que pueden ser de 12 cm, 15 cm ó 20 cm.

Según el espesor de la losa aligerada indicada en los planos, el alto de los ladrillos debe ser 5 cm menor que el espesor del techo propuesto. Por ejemplo, si se trata de aligerado de 25 cm, el alto de los ladrillos será de 20 cm.

Una losa aligerada que tiene un espesor de 20 cm soporta en 1 m<sup>2</sup>, un peso de 300 kg aproximadamente. Asimismo, para un espesor determinado de losa tenemos los siguientes pesos. (Estos valores no consideran el peso de los trabajadores y herramientas durante la construcción).

**Figura N° 26:** Encofrado de losa aligerada.



**Fuente:** CivilGeeks.com

Los encofrados de las losas aligeradas están constituidos por:

- ✓ Tablones de 1 1/2" de espesor por 8" de ancho mínimo.
- ✓ Soleras de 2" x 3" de sección.
- ✓ Pies derechos (o puntales) de 3" x 3" de sección.
- ✓ Frisos de 1 1/2" de sección, en alturas variables, según el espesor del techo aligerado.

Para armar el encofrado será necesario contar con soleras corridas soportadas por pies derechos espaciados como máximo a cada 90 cm. luego, se procederá a colocar los tablones sobre las soleras (en sentido contrario a éstas). Estos tablones servirán para apoyar los ladrillos y para ser fondo de encofrado de las viguetas, por tal motivo el espacio entre los

ejes de tablón a tablón será de 40 cm. Para delimitar el vaciado del techo, se colocarán frisos en los bordes de la losa, con una altura igual a su espesor.

Finalmente, por seguridad, se colocarán refuerzos laterales en los puntales o pies derechos que soportan el encofrado. Se recomienda que éstos vayan extendidos horizontalmente y amarren todos los puntales en la parte central de los mismos.

### **Consideraciones:**

Al igual que en las vigas, para regular la altura de los pies derechos al contacto con el suelo, no deben usarse piedras, ni cartón o cualquier otro material débil, pues pueden fallar con el peso al que serán sometidos.

Los pies derechos deben estar en posición vertical y no inclinados para que puedan funcionar adecuadamente en el apuntalamiento del techo.

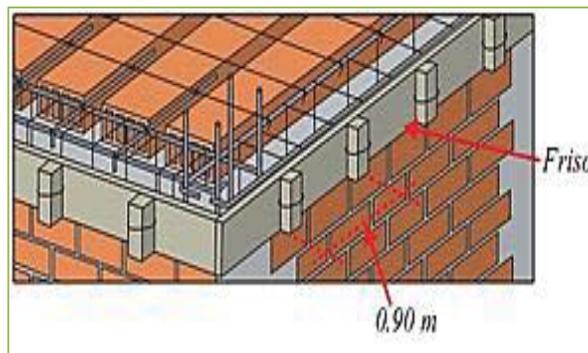
Una vez armado el encofrado, debe verificarse que esté perfectamente horizontal. De lo contrario, después se tendrá que corregir por un lado con el tarrajeo del cielo raso, y por otro, con el contrapiso del nivel superior y ocasionará gastos innecesarios. (Aceros Arequipa, 2016).

### **Encofrado de Frisos.**

Cuando el techo aligerado está encofrado, las vigas y viguetas armadas, se procede a colocar los frisos en todo el contorno del techo aligerado.

Los frisos deben ser de madera de 1 1/2" de espesor y la altura de éstos se define de acuerdo al tipo de ladrillo que se utiliza. Se considerará 5 cm más que la altura del ladrillo utilizado, de esta manera el vaciado de losa llegará a este nivel como límite. Esto quiere decir que, si utilizamos ladrillos de 20 cm de altura, la altura de los frisos será de 25 cm y los listones de refuerzo se colocarán a cada 90 cm, como se muestra en la figura.

**Figura N° 27:** Encofrado de frisos.



**Fuente:** manual del maestro constructor.

### Consideraciones:

Deberá verificarse que el acero inferior de las viguetas esté a 2 cm por encima del encofrado, así se garantiza que el acero inferior tenga el adecuado recubrimiento de concreto.

Durante todos estos trabajos, hay que tener mucho cuidado al pararse sobre los ladrillos de techo, ya que estos son muy frágiles. Por esta razón es recomendable poner tablonces para poder pisar sobre ellos y evitar posibles accidentes.

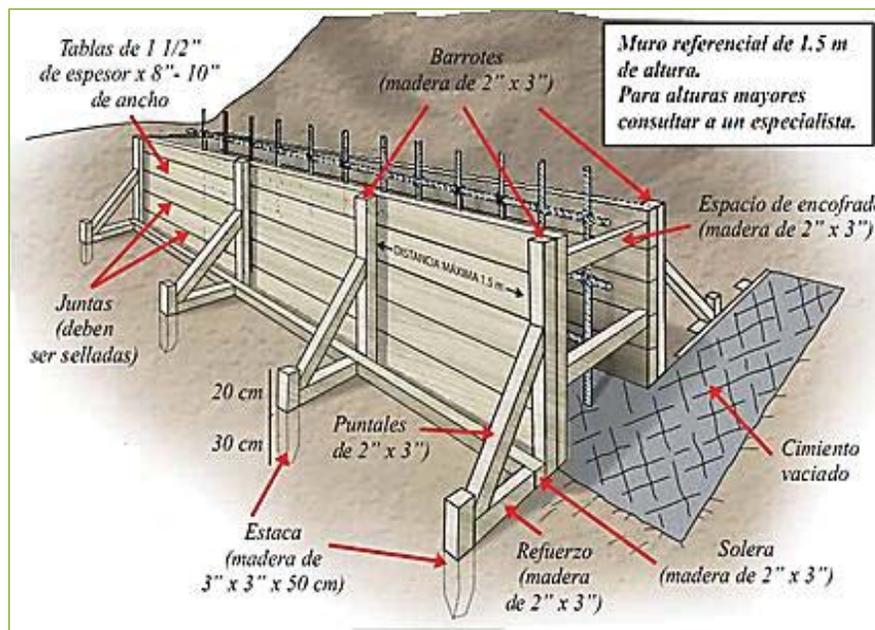
#### e. Encofrado de Muro de Contención.

El encofrado del muro debe estar siempre vertical, lo que se puede verificar con el uso de una plomada. Además, esta debe ser lo suficientemente resistente para soportar la presión lateral del concreto durante el vaciado. Para un muro de hasta 1,5 m de altura, los encofrados se armarán con tablas de 1 1/2" de espesor por 8 a 10" de ancho, las que llevarán refuerzos de madera (montantes) de 2" x 3" cada 1,5 m como máximo.

Las puntales pueden ser de 2" x 3". Las estacas que resistirán las cargas del encofrado serán de madera de 3" x 3" x 50 cm y estarán enterradas 30 cm en el suelo. Los espaciadores de 2" x 3" servirán para mantener las dimensiones especificadas en los planos.

La altura del encofrado debe hacerse por paños completos, para poder vaciar el concreto de una sola vez y no debilitar el comportamiento del muro. Es decir, si el muro tiene 2 m de altura, no debe hacerse primero 1 m y el resto después.

**Figura N° 28: Encofrado del muro de contención.**



*Fuente: manual del maestro constructor.*

**Consideraciones:**

Las maderas utilizadas deberán estar limpias y sin clavos. Las juntas de los paneles se deben sellar para evitar fugas de agua con cemento, utilizando para ello el papel de las bolsas de cemento.

Las dimensiones recomendadas para estos encofrados son aplicables para muros de contención de baja altura (promedio de 1,5 m). Para muros de contención de mayor altura, se debe realizar la consulta con un ingeniero civil para garantizar la seguridad del encofrado.

Para garantizar que el muro tenga el recubrimiento indicado en los planos, se deben colocar dados de concretos atados a las varillas verticales. (Aceros Arequipa, 2016).

**2.4.5. DESENCOFRADOS.**

Los distintos elementos que constituyen el encofrado, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura. Se recomienda el empleo de cuñas, de patas de cabra o de otros dispositivos similares.

No se realizará el desencofrado hasta que el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos a los que va estar sometido durante y después del desencofrado.

**Consideraciones:**

- ✓ El encofrado se retirará como mínimo 24 horas después del vaciado del concreto, según el elemento estructural a desencofrar.
- ✓ Al desencofrar, es importante proceder al curado, por lo menos durante 7 días.
- ✓ Se debe inspeccionar la superficie, verificando que no se hayan producido cangrejeras. En el caso de haberse producido cangrejeras, éstas deben ser rellenadas y selladas inmediatamente con una mezcla de cemento.
- ✓ El desencofrado se debe efectuar en el momento adecuado de acuerdo con la resistencia adquirida por el concreto.
- ✓ Proteger las formaletas con recubrimientos metálicos para reducir la corrosión y abrasión causada por el concreto.

Como norma, el tiempo de desencofre de los moldes debe ser especificado en los planos de organización de la obra, entregado por la entidad Proyectista, pero, en general el Ingeniero responsable de la obra está capacitado para definirlo, para lo cual él debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

El concreto debe tener la suficiente resistencia para soportar las cargas a las cuales está sometido, peso propio y cargas de construcción, si la suma de estas cargas excede la

carga de uso para la cual fue diseñada, la estructura debe ser consultada al Ingeniero Proyectista para su aprobación.

La resistencia del concreto se basará en la resistencia obtenida por los ensayos, temperatura, humedad, curado, tipo de cemento y aditivos, considerando también el tipo de elemento.

En general, pueden retirarse con seguridad los moldes y soportes en estructuras a flexión cuando la relación entre la resistencia del concreto obtenida por los ensayos y la resistencia característica del concreto a los 28 días, es igual o mayor que la relación entre las cargas reales actuantes sobre el elemento en el instante del desencofrado, (cargas permanentes y cargas de construcción) y la carga total de diseño, es decir: (Peurifoy, 1978).

$$R_n / R_{28} = \text{cargas reales actuantes} / \text{cargas totales de diseño}$$

Se recomienda un mínimo del 60% al 75% de la relación anterior, esto corresponde a 14 días (Temperatura de 21°C) y 11 días (Temperatura de 30°C).

Si se conocen en obra los valores de las cargas de diseño se podrá determinar el tiempo de desencofre mediante la siguiente expresión para concreto normales sin la adición de aditivos aceleradores o retardadores.

$$N_n = \frac{280 \cdot U_c}{\frac{F}{P} + \frac{U_c}{3}} - \frac{280 \cdot U_c}{T_m + 10}, \quad U_c = \frac{R_{28}}{R_7}$$

Donde:

- ✓ N = Número de días.
- ✓ T<sub>m</sub> = Temperatura media en grados centígrado.
- ✓ P = Peso o carga que actúa sobre el elemento en el momento del desencofre.
- ✓ F = Carga que actuará posteriormente.
- ✓ R<sub>28</sub> = Resistencia del hormigón a los 28 días.
- ✓ R<sub>7</sub> = Resistencia del hormigón a los 7 días.

Cuando en la obra exista poco control, se mantendrán los cofres y puntales por menos de:

- ✓ Muros se desencofra dentro de 12 a 24 horas.
- ✓ Columnas se desencofra dentro de 12 a 24 horas.
- ✓ Vigas se desencofra dentro de 12 a 24 días.

En el caso de utilizarse aditivos acelerantes de fragua y previa autorización del supervisor, los tiempos de desencofrado pueden reducirse, de acuerdo al tipo y proporción del aditivo que se emplee.

En general, el tiempo de desencofrado se fijará de acuerdo con las pruebas de resistencia en muestras del concreto, cuando ésta supere el 70% de su resistencia de diseño. Todo trabajo de desencofrado deberá contar la previa autorización escrita del Supervisor.

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

## **2.5. APLICACIÓN DEL ENCOFRADO EN GRANDES PROYECTOS.**

El gran impacto que ha representado los encofrados en el mundo de la construcción analizaremos algunos de ellos, en los que su intervención resulta inevitablemente necesaria que no hubiera permitido su realización de otro modo considerando los actuales sistemas que existen de construcción. Se da a conocer algunos de ellos:

### **La Tour Granite.**

Diseñado por el arquitecto Christan de Portzamparc para representar la cúspide de una infraestructura triangular ubicado en el barrio de Valmy en el distrito financiero de París, Francia, para unir con las existentes torres gemelas de la Société Générale. La Tour Granite tiene una altura de 184 metros. El desafío clave en la construcción de este icono de la última generación de rascacielos era la pendiente fachada de ocho grados, diseñados para minimizar la interferencia con la luz y las vistas desde las torres existentes.

Para la construcción de este megaproyecto, la empresa HARSCO utilizó un sistema de encofrados autotrepantes, para construir la estructura exterior de 45 pisos de gran altura, con su disminución gradual, ampliando y laderas inclinadas. Las plataformas del encofrado autotrepante fueron siempre conectadas de forma segura a las plataformas que suben verticalmente por grúas y elementos de deslizamiento. (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

### **Hollywood and Vine.**

El proyecto de Hollywood and Vine es un área de 4,5 acres de construcciones de usos mixtos en la ciudad de Los Ángeles, ubicada en la famosa intersección de Hollywood Boulevard y Vine Street. La inversión de \$600 millones incluye apartamentos de lujo, locales comerciales de lujo y hoteles. La empresa Harsco fue galardonada por el sistema completo de encofrados horizontales que incluyó más de dos millones de pies cuadrados de terrazas elevadas que va desde 8 a 40 pies de altura.

El desafío en ese proyecto incluyó trabajos vía rápido, tanto por los diseños y las operaciones de los equipos, con la utilización de 135 cubiertas de plywood HDO, diseñado y se realiza el colado de las estructuras en menos de 12 meses. Debido a las exigencias de la vía rápida, el contratista eligió a utilizar el sistema PRO-Shore, junto con marcos de aluminio y sistemas de vigas para zonas altas. (Herrera, Moreno y Robles, 2014)

## **2.6. COSTOS DE LOS ENCOFRADOS.**

Los encofrados que generalmente se emplean en las estructuras de concreto armado pueden ser más caros que el concreto o que el acero de las armaduras e incluso, más que la suma de ambos elementos. De aquí se deduce la necesidad de estudiar al máximo los medios prácticos de reducir esta importante inversión.

La realización de cualquier proyecto se enfrenta al problema económico de asignar recursos a diferentes alternativas, de tal manera que el beneficio sea el máximo, es por ello que se deben de analizar los costos de implantación de cualquier sistema de encofrados.

Estos costos influyen directamente en su fabricación dado que los encofrados de madera ameritan la permanecía de un personal especializado en carpintería para la ejecución de estos, considerando una vida útil de 4 o 5 usos, por que sufre alabeos (abarquillamiento, torcedura, arqueadura y encorvadura), rajaduras (hendidura, grieta en cabecera) esta es producida por el clavado e inadecuado proceso de secado de la madera.

A diferencia de los encofrados metálicos en donde su inversión inicial es bastante fuerte por el material usado y su fabricación, teniendo como ventaja su reutilización hasta unas 100 a 300 veces.

Siendo de esta manera evidente el bajo costo que representan los encofrados en madera en comparación con el metálico, cabe destacar que eso es así, siempre que, sea usado para volúmenes de construcción bajos, mientras que, el sistema normalizado tendrá un costo de inversión inicial alto pero justificable siempre que se use para numerosas construcciones.

En el diseño y construcción de encofrados, debe considerarse el ahorro en dinero y tiempo. De allí la importancia del aspecto económico, debido que, en la mayoría de los casos, el costo de encofrados varía entre el 30% y 60% del costo total de las partidas de concreto estructural, y en algunas obras puede ser más caro que el concreto y acero. Al evaluar el aspecto económico es importante no descuidar la calidad y seguridad de estos, si son sobre diseñados afecta directamente a la economía del proyecto, pero en caso contrario podría afectar la seguridad no solo de la obra en si ya que podría cobrar vidas de obreros que laboran en la construcción. Si los moldes no producen la superficie de acabado especificada puede

incurrir en gastos de mano de obra y materiales o hasta la demolición del elemento, lo cual indica la importancia de la buena calidad de costos (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

Otro aspecto a considerar para no afectar la economía, es estudiar las posibles alternativas, considerando los tipos de materiales a usar o las posibles combinaciones de materiales fabricados en la obra, como los elementos prefabricados.

### **Economía en el encofrado durante el proyecto de la estructura.**

El estudio económico debe de comenzar en el proyecto de la estructuración continuar con una acertada elección de los materiales a encofrar, con su cálculo y colocación en obra, con el desencofrado y planificación de los reúsos.

A continuación, se indican los puntos más importantes a tener en cuenta en el proyecto de edificios para reducir los costos de los encofrados:

- ✓ Estudiar los proyectos de arquitectura y estructura, para posteriormente de esta forma pueda asegurarse la máxima economía posible en los encofrados.
- ✓ Durante el proyecto de la estructura se deberán considerar los materiales y métodos para su construcción, encofrado y su desencofrado, utilizando la misma sección de formas en toda la edificación y volver a utilizar en otra construcción.

### **Economía en la construcción, encofrado y desencofrado.**

El costo de un encofrado está condicionado por los tres factores que son los siguientes: materiales, mano de obra, equipo necesario para su construcción y manipulación; por tanto, cualquier sistema que reduzca el precio de alguno de ellos supondrá un ahorro en la obra.

A continuación, se indican los principales puntos a tener en cuenta para conseguir un encofrado económico:

- ✓ Proyectar los encofrados con la resistencia necesaria y con la menor cantidad posible de materiales.
- ✓ Emplear madera de calidad y/o formas de metal con suficiente resistencia y rigidez que le permita afrontar la presión del concreto fresco, así como el estado de la superficie en contacto con el concreto, en condiciones óptimas.
- ✓ Limpiar y aceitar los clavos para prevenir las distorsiones y deterioros.
- ✓ Desencofrar en el plazo lo más breve posible, dentro de las normas de seguridad, para conseguir el mayor número posible de usos.

La construcción es una actividad de un variado y heterogéneo espectro de obras que pueden ser desde la ejecución de un núcleo básico hasta una central hidroeléctrica, teniendo como una de sus principales características que se desarrolla en un determinado tiempo, de acuerdo a la obra, el cual hace vulnerable a los efectos de la economía del medio en que se desenvuelve.

Sin embargo, es denominar que en las obras de construcción la participación, en el cálculo del presupuesto de obra, es fundamental indicar dos conceptos de costos:

- ✓ Costos directos.
- ✓ Costos indirectos.

### **2.6.1. COSTO DIRECTO.**

En términos generales podemos definir el costo directo como aquellos gastos que se pueden aplicar a una partida determinada.

El costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra.

Estos costos directos que se analizan de cada una de las partidas conformantes de una obra pueden tener diversos grados de aproximación de acuerdo al interés propuesto. Sin embargo, el efectuar un mayor refinamiento de los mismos no siempre conduce a una mayor exactitud porque siempre existirán diferencias entre los diversos estimados de costos de la misma partida. Ello debido a los diferentes criterios que se pueden asumir, así como a la experiencia del Ingeniero que elabore los mismos. (CAPECO, 2003).

#### **1. Aporte unitario de materiales.**

Las cantidades de materiales se establecen de acuerdo a condiciones preestablecidas físicas o geométricas dadas de acuerdo a un estudio técnico del mismo, teniendo como referencia las publicaciones especializadas o, siendo aún mejor, elaborando los análisis con registros directos de obra, considerando en razón a ello que los análisis de costos responden a un proceso dinámico de confección.

Los insumos de materiales son expresados en unidades de comercialización, así tenemos: paneles de metal, bolsa de cemento, metro cúbico de arena o piedra chancada, pie cuadrado de madera, kilogramo o varillas de fierros, etc.

Se analiza los costos unitarios de cemento, arena, piedra chancada en concreto; cemento, arena y cal en los morteros; ladrillos macizos y hueco en muros y techos respectivamente; madera, clavos en encofrados y andamios; componentes de pasta, cantidad

y peso de alambre y tablas de porcentaje de desperdicio de los diferentes materiales utilizados en edificación.

Dentro del aporte unitario de materiales se tiene para encofrados y andamios. (CAPECO, 2003).

## **2. Costo de mano de obra.**

El análisis de costos para el caso de mano de obra; las categorías vigentes de operarios, oficiales, peones y en el caso de maestro generalmente se estima un porcentaje sobre el costo del operario y en el caso de operadores de maquinarias pesadas y livianas se debe efectuar un análisis para dichos casos. (CAPECO, 2003).

Dentro del análisis de mano de obra se tiene lo siguiente:

- ✓ Categorías y asignación escolar.
- ✓ Conafovicer y movilidad acumulada.
- ✓ Defunción del trabajador.
- ✓ Contacto directo con el agua y altura.
- ✓ Bonificación acumulada de construcción (BUC).
- ✓ Gratificaciones por fiestas patrias y por navidad.
- ✓ Horas extras y turno noche.
- ✓ Permiso por duelo y nacimiento.
- ✓ Salario por catástrofe y uniforme.

## **3. Costo de equipo de construcción y herramientas.**

### ***El equipo de construcción y sus costos de operación:***

Teniendo en consideración la diversidad de maquinarias y equipos que se emplean en la construcción se puede definir, en términos generales, el costo de operación de una maquinaria como la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacer funcionar, realizar trabajo y mantenerla en buen estado de conservación.

La determinación del costo de operación puede referirse a términos de un año, un mes, un día o una hora, siendo lo usual el "costo diario de operación" y el "costo horario de operación".

Este costo reúne a dos grandes rubros de gastos: (CAPECO, 2003)

### **a) Gastos fijos.**

- ✓ Intereses del capital invertido en la máquina.

- ✓ Seguros, impuestos, almacenaje. Etc.
- ✓ Repuestos y mano de obra de reparaciones.
- ✓ Depreciación y fondo de reposición.

**b) Gastos variables.**

- ✓ Combustibles
- ✓ Lubricantes, grasas y filtros.
- ✓ Jornales.

***Costo directo de herramientas:***

El costo directo de herramientas corresponde a consumo o desgaste que éstas sufren al ser utilizadas durante la ejecución de las diversas partidas de una obra y se puede calcular de la siguiente manera:

$$Hm = h * M.$$

Donde:

- ✓ Hm: Es el costo directo de herramientas en la partida.
- ✓ M: Es el costo directo de mano de obra de dicha partida, considerando el jornal básico y porcentajes sobre el mismo (incremento adicional de remuneraciones, bonificaciones, etc.)
- ✓ h: Representa un coeficiente (porcentaje expresado en forma decimal) estimado en función a la incidencia de utilización de las herramientas en la partida en estudio según la experiencia en obras similares. Este coeficiente, o porcentaje, generalmente varía de 1% a 5% (0,1 a 0,05). (CAPECO, 2003)

**Clases de Herramientas.**

Las herramientas se clasifican en:

***a. Manuales:***

Las cuales a su vez pueden ser:

- ✓ De uso personal o de propiedad del obrero generalmente el operario, el cual lleva y emplea en su trabajo, como: martillos, frotacho, serrucho, etc.
- ✓ De uso colectivo, o de propiedad de la empresa, la cual las proporciona a su personal como: carretillas, pico, lampas, barretas, etc.

***b. Especiales:***

Son las que necesitan algún tipo de energía para su utilización y se les fija un valor de alquiler como el caso de maquinarias. Así, por ejemplo: motosierras, taladros, pulidoras, etc.

**2.6.2. COSTO INDIRECTO.**

Los costos indirectos son todos aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al conjunto de la obra y los cuales detallaremos a continuación. (CAPECO, 2003).

***Clasificación de los costos indirectos***

Los costos indirectos se clasifican en:

- ✓ Gastos Generales.
- ✓ Utilidad.

**a) Gastos generales.**

A su vez los gastos generales se subdividen en:

- ✓ Gastos Generales no relacionados con el tiempo de ejecución de obra.
- ✓ Gastos Generales relacionados con el tiempo de ejecución de obra.

Los gastos generales son aquellos gastos que debe efectuar el Contratista durante la construcción, derivados de la propia actividad empresarial del mismo, por lo cual no pueden ser incluidos dentro de las partidas de la obra. (CAPECO, 2003)

***Los Gastos Generales no relacionados con el tiempo de ejecución de obra.***

Estos gastos comprenden los siguientes rubros:

***a.1. Gastos de licitación y contratación, como son:***

- ✓ Gastos en documentos de presentación (compra de bases, etc.)
- ✓ Gastos de visita a obra (pasajes, viáticos, etc.)
- ✓ Gastos de aviso de convocatoria y buena pro (en caso de ganar la obra).
- ✓ Gastos sobre el contrato principal.

Es decir, este rubro se refiere a los gastos necesarios para presentación a la licitación y todos los derivados del proceso de contratación y que en general son aplicables a la obra a contratarse propiamente dicha.

*a.2. Gastos indirectos varios, como son:*

- ✓ Gastos de licitaciones no otorgadas (absorbidos por las obras ejecutadas).
- ✓ Gastos legales y notariales (aplicables a la organización en general).
- ✓ Patentes y regalías (por derecho de uso, generalmente para aplicación en todas las obras).
- ✓ Seguro contra incendios, robos, etc. (de todas las instalaciones de la empresa).

En términos globales se refiere a los gastos de toda índole que en general pueden considerarse como relativo a las oficinas principales. Además, incluirán obligaciones laborales de suma fija sean contractuales o legales, como pasajes por traslado de persona de un lugar a otro.

***Los gastos generales relacionados con el tiempo de ejecución de la obra***

Dentro del conjunto de los gastos generales relacionados con el tiempo de ejecución de obra corresponde el mayor porcentaje, dada su naturaleza de permanencia a lo largo de todo el plazo de ejecución de obra.

**b) La Utilidad.**

La utilidad es un monto percibido por el contratista, porcentaje del Costo Directo del Presupuesto, y que forma parte del movimiento económico general de la empresa con el objeto de dar dividendos, capitalizar, reinvertir, pagar impuestos relativos a la misma utilidad e incluso cubrir pérdidas de otras obras.

En relación a la utilidad debemos señalar que, en razón del alto grado de desarrollo alcanzado por la actividad constructora en nuestro país, se hace necesario que las empresas contratistas fijen su porcentaje de utilidad en base a criterios técnicos, dejando de lado las estimaciones empíricas tradicionales, para lo cual es imprescindible que cuenten con información y, sobre todo métodos para el cálculo. (CAPECO, 2003).

La utilidad bruta está conformada por tres sumandos:

- ✓ Utilidad neta.
- ✓ Impuesto sobre esta utilidad.
- ✓ El margen por variaciones o imprevistos no considerados en los análisis de precios de las diferentes partidas por ejecutar.

## 2.7. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

Para el comportamiento estructural del sistema de encofrados, se tendrá que analizar algunos criterios, por ejemplo, la velocidad del llenado, temperatura del concreto y calidad de los materiales empleados, etc. En el diseño y construcción, debe considerarse el ahorro y tiempo. Otro aspecto a considerar para no afectar la economía, es estudiar las posibles alternativas, considerando los tipos de materiales a usar o las combinaciones de materiales fabricados en la obra.

En todo tipo de diseño de elementos estructurales, se tiene como prioridad la seguridad, es por ello que los encofrados deben prepararse para que sean seguros, para soportar así las cargas a las que se somete durante el periodo de uso. Al diseñar y construir un encofrado se pretende que este sea funcional; pero la calidad dependerá del acabado que se desea.

Para el análisis del comportamiento estructural de los encofrados involucra ciertas variables importantes, los cuales son:

- ✓ Altura de vaciado del concreto.
- ✓ Temperatura del concreto.
- ✓ Velocidad de vaciado.
- ✓ Dosificación.
- ✓ Consistencia.
- ✓ Formas y dimensiones de los encofrados.
- ✓ Sistema del compactado.
- ✓ Módulo de elasticidad de los materiales
- ✓ Propiedades mecánicas de los materiales (Flexión, Corte y Deflexión).

El cálculo para el *diseño del encofrado*, se diseñará de acuerdo a los siguientes factores:

- ✓ Verificación por flexión.
- ✓ Verificación por cortante.
- ✓ Verificación por deflexión.
- ✓ Verificación por carga axial.

Se determinará la cantidad mínima necesaria de materiales que este diseño sea funcional y económico. La forma de lograr esto es calculando la separación máxima necesaria entre los elementos del encofrado, para que este no falle.

### 2.7.1. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS.

A continuación, se presentan las abreviaturas que servirán para el análisis de los encofrados:

- ✓  $A_n$  = Área neta de la sección transversal del miembro en  $\text{cm}^2$  (Área total menos el área proyectada del material eliminando los miembros de unión).
- ✓  $F't$  = Esfuerzo permisible en compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓  $F'a$  = Esfuerzo permisible aplicado en fuerza axial ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓  $p$  = Fuerza axial en tensión o compresión (kg).
- ✓  $f_a$  = Esfuerzo de trabajo en tensión o compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- ✓  $f_b$  = Esfuerzo de trabajo en tensión o compresión por flexión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓  $F'v$  = Esfuerzo admisible en cortante ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓  $f_v$  = Esfuerzo de trabajo cortante ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓  $F'b$  = Esfuerzo admisible por flexión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

#### a) Verificación por Fuerza Axial.

Por lo general los únicos elementos que están sometidos a carga axial en los encofrados son los apuntalamientos, ya que son los encargados de soportar cargas verticales, peso propio del molde y transmitir estas cargas al piso. Para el caso de elementos que están sometidos a tensión o compresión Axial, el esfuerzo de trabajo viene dado por:

$$\text{Tensión Axial: } f_a = \frac{p}{A_n} \leq F't$$

$$\text{Compresión Axial: } f_a = \frac{p}{A_n} \leq f_a = \frac{0,3E}{\left(\frac{kl}{d}\right)^2} \leq F'a.$$

$l$  = Longitud libre de pandeo en miembros a compresión (cm).

$E$  = Módulo de elasticidad de la madera ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).  $k$  = Factor de esbeltez.  $d$  = Peralte de la sección.  $kl/d$  = tomada en la dirección más desfavorable.

La carga sobre el puntal  $P$ , se calcula de la siguiente forma:  $P = 1,2WL$ .

En el caso que el puntal no cumpla con la deflexión establecida se tendrá que disminuir la longitud colocándole arriostamiento a ciertas distancias determinadas.

Específicamente los puntales serán los únicos elementos que tendrán verificación por esbeltez que puede sufrir carga axial.

#### b) Verificación por Flexión.

Estos diseños se basarán en esfuerzos de flexión para la madera.

$$fb=Mc/I \leq F'b ; M = wl^2/10 \text{ (máximo momento flector)}$$

M = Momento flector máximo (kg-cm).

I = Momento de inercia de la sección transversal (cm<sup>4</sup>).

C = La distancia del eje neutro de la sección a las fibras más alejadas (cm).

La separación máxima para que la sección no falle por flexión es:  $L_c = \sqrt{\frac{10 \times fm \times S}{\omega}}$

fm = Esfuerzo permisible.

S = Momento resistente flexionante.

w = Carga sobre refuerzo.

### c) Verificación por Deflexión.

La seguridad o estabilidad es la condición que deben cumplir los encofrados. Sin embargo, otras exigencias es que los elementos de los encofrados no se deflexionen más allá, de los valores máximos admisibles para evitar que luego del desencofrado, las superficies del concreto aparezcan excesivamente curvadas, especialmente del concreto expuesto.

Para un elemento sometido a flexión por una carga W, se ve deformada (deflexión) el cual se puede calcular de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{Lwl^4}{145EI}; \text{ para una viga de más de 3 claros.}$$

Los valores de deflexión generalmente admisibles son de 2mm para entablados, y 3 mm para otros elementos, por ejemplo, como soleras.

Los encofrados se diseñan para que no deflexen más allá de los límites prescritos ya que pueden dañar el acabado final y la textura del elemento encofrado. La magnitud de la deflexión dependerá del acabado, así como su localización y esta deberá estar de acuerdo a los límites de desviación que deben ser permitidos.

$$\delta = \frac{L}{270}, \delta = \frac{L}{360} \text{ son valores límites.}$$

Se tiene, para realizar el chequeo por flecha:  $L_c = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}}$

$\delta$  = Flecha admisible de la viga.

E = Módulo de elasticidad de la madera. w = Carga distribuida. I = momento de inercia.

### d) Verificación por Corte.

Para una sección rectangular el esfuerzo de corte, se utiliza la siguiente formula:

$$V = 3v/2bh.$$

El esfuerzo cortante permisible, se tiene que:  $L = 13,33bh/w$ .

---

$$\text{Longitud de la separación entre cabezales, } L_c = \frac{fv \times b \times h}{0,9 \times W}$$

**Para el cálculo de la Esbeltez:** 
$$Esb = \frac{h_p}{D} \quad k = 0,642 \sqrt{\frac{E}{fm}}$$

Caso A: Esbeltez < 10, 
$$P = fm \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Caso B: Esbeltez > 10, 
$$P = \frac{0,274 \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times E}{\left(\frac{L}{d}\right)^2}$$

Caso C:  $10 < \text{Esbeltez} < K$ , 
$$P = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times fm \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L}{kd}\right)^4\right]$$

## 2.7.2. FACTORES PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS.

El sistema de encofrado, debería soportar las cargas que se le apliquen hasta que el concreto adquiera la resistencia necesaria de diseño, por eso el molde debe cubrir dos aspectos de gran importancia:

- ✓ Resistencia.
- ✓ Limitación por deformación.

La resistencia para que el molde soporte las cargas cuando se efectuó el llenado y la deformación, por el aspecto que tendría el elemento encofrado una vez fraguado. El primer paso para proceder al diseño del molde debe ser la determinación de las cargas a que estarán sometidos. No se ha podido determinar con exactitud en lo que se refiere al valor y la aplicación de estas cargas, pero existe una reglamentación que es la Norma E – 020 para la determinación de las cargas.

Las cargas más importantes que actúan sobre el molde son las siguientes:

- ✓ Cargas Verticales.
- ✓ Presión del Concreto.
- ✓ Presión lateral en el concreto.

### 2.7.2.1. CARGAS VERTICALES.

Entre las cargas verticales más importantes están el peso del concreto, el peso propio del molde y las cargas vivas. Los diferentes tipos de cargas que actúan sobre los encofrados:

#### **Peso de Concreto.**

El peso del concreto es la carga vertical más importante de las que actúan en el encofrado. El peso volumétrico del concreto es 2 400 kg/m<sup>3</sup>, este valor incluye el peso del refuerzo de acero.

Ha sido señalado que los encofrados deben ser considerados como estructuras, en tanto el concreto no alcance las resistencias mínimas exigibles para proceder a desencofrar, los encofrados tienen que ser suficientemente resistentes para soportar el peso del concreto. Pues bien, el concreto es un material de considerable peso. Un metro cúbico de concreto pesa 2 400 kg.

Al ser colocado en los encofrados, el concreto tiene la consistencia de una masa plástica. A medida que transcurre el tiempo va endureciendo convirtiéndose finalmente en un material sólido. En este lapso, desde su colocación hasta su endurecimiento, el concreto ejerce considerable presión sobre los tableros de los encofrados de muros y columnas.

### **Cargas de construcción.**

Adicionalmente al peso del concreto; los encofrados deben soportar las cargas de construcción. La carga viva se debe fundamentalmente al peso de los obreros que van a trabajar mientras se está efectuando el llenado, así como el equipo necesario para efectuar el transporte del concreto. Para el caso de la carga viva el A.C.I-347 establece una carga viva de 245 kg/m<sup>2</sup>.

Para establecer las cargas de la naturaleza referida es usual adoptar, como equivalente, una carga uniformemente repartida en toda el área de los encofrados. Para encofrados convencionales y vaciados con equipo normal se suele tomar el valor de 2 000 kg/m<sup>2</sup>, magnitud que debe sumarse al peso del concreto.

Cuando se prevea vaciados con equipo mecánico motorizado el valor indicado debe aumentarse en 50%, es decir, que en este caso la magnitud equivalente a las cargas construcción será:  $300 + 200 = 500$  kg, es decir media tonelada.

### **Peso propio de los encofrados.**

En encofrados de madera, el peso propio de los mismos tiene poca significación en relación al peso del concreto y cargas de construcción. En el caso de encofrados metálicos, por ejemplo, encofrados de techos con viguetas metálicas extensibles, el peso que aportan se debe tenerse en cuenta, el peso propio del encofrado de techos es aproximadamente 50kg. por metro cuadrado de techo. El peso exacto debe establecerse a partir de la información que proporcionen los proveedores de este tipo de encofrados.

Si las cargas del concreto son grandes se podrían despreciar en su totalidad. Esta carga es variable dependiendo del tipo de molde, pero puede tomarse un valor de 50-100kg/m<sup>2</sup>.

### **Cargas Diversas.**

Otras cargas que también deben ser previstas y controladas, especialmente durante el llenado de los techos, son las que se derivan de la misma naturaleza de los trabajos.

Al respecto debe evitarse excesivas concentraciones de concreto en áreas relativamente pequeñas de los encofrados de techos. Este incorrecto procedimiento transferirá cargas que podrían sobrepasar la resistencia portante prevista de los pies derechos o puntales ubicados debajo de dichas áreas o, eventualmente, originar el levantamiento de puntales contiguos a las mismas.

Asimismo, otras cargas constituyen potencial riesgo. Entre ellas las generadas por el arranque y parada de motores de máquinas, más aún si éstas de alguna manera están conectadas con los encofrados.

Inclusive, la acción del viento, principalmente en aquellos lugares donde puede alcanzar considerable fuerza, debe ser prevista proporcionando a los encofrados apropiados arrostramientos.

#### **2.7.2.2. PRESIÓN EN EL CONCRETO.**

En el momento en que se efectúa el vaciado del concreto, este ejerce una presión lateral sobre el molde. Esta fuerza es máxima en el momento de iniciar el llenado, y es nulo en cuanto fragua el concreto, aunque este no haya alcanzado la resistencia de diseño.

Esta fuerza se origina debido a que el concreto en su forma inicial es material plástico, comportándose en esta etapa como un fluido y ejerciendo sobre la pared del molde una presión semejante a la hidrostática. La determinación de la presión real que ejerce el concreto ha sido un tema muy estudiado y que no ha llegado a establecerse en forma precisa debido a que está afectado por muchos factores y los que actúan de una forma más importante son los siguientes:

- ✓ Componentes del concreto.
- ✓ Ejecución del llenado.
- ✓ Temperatura del concreto, etc.

##### **a. Componentes del Concreto.**

Influyen todos los elementos que intervienen en el concreto.

##### **La relación agua - cemento:**

Es un elemento del concreto y es evidente que influye de alguna manera, ya que, a mayor valor de esta relación, la variación de la presión del concreto se parecerá más a una

presión hidrostática. Se puede decir que la relación agua-cemento equivale en gran parte el revenimiento del concreto o viceversa, el valor del revenimiento en la mayoría de análisis se desprecia ya que influye muy poco en el valor de la presión total.

La dosificación de la mezcla ejerce una influencia directa sobre la presión que el concreto ejerce sobre los encofrados, así, por ejemplo, los hormigones o agregados de alta dosificación y resistencia fraguan a menor velocidad, los que poseen una dosificación más pobre en cemento.

Dosificar un concreto significa determinar los coeficientes de aporte y las cantidades con que interviene cada componente en el volumen total de la mezcla (generalmente 1m<sup>3</sup>). Significa también determinar la resistencia del concreto encontrando la relación agua cemento ideal para una condición de máxima durabilidad, la misma que es variable según la estructura, la relación agua cemento además influye en la resistencia a la compresión y a flexión. La consistencia del concreto se mide por el asentamiento que en todo caso será compatible con la adecuada colocación del concreto en la obra.

#### **La granulometría del concreto.**

Tiene gran influencia en la presión resultante debido a que esta afecta la densidad del concreto, el cual tiene un peso volumétrico de 150 lb/pie<sup>3</sup> o 2 400 kg/m<sup>3</sup>.

#### **Las características de la pasta o mortero.**

Un concreto de fraguado rígido hará que el fraguado inicial se presenta antes que el caso de un concreto de tipo normal y por tanto la presión se ejercerá durante un tiempo menor. Un caso importante que hay que tomar en cuenta es cuando un aditivo sea expansivo, las presiones del concreto pueden llegar aumentar hasta un 50%.

#### **b. Ejecución del Vaciado o Llenado.**

Este es uno de los factores más importantes que afectan las fuerzas transmitidas por el concreto. Una colocación inadecuada puede producir la falla en el molde. Así, un vaciado de una altura relativamente grande incrementara apreciablemente la presión del concreto; pero los elementos más importantes que influyen son:

- a) Altura de vaciado.
- b) Velocidad del vaciado.
- c) Vibrado del concreto durante el vaciado.

### Altura de vaciado:

La altura del vaciado es el que influye más directamente en la presión, ya que el concreto puede comportarse como un fluido, y la presión depende de la densidad de este, como de la profundidad debido a esta relación de altura y densidad que hay en la presión, se establece el espesor del concreto no influye en la presión del mismo. La relación entre la presión y la altura del concreto es variable según la estructura y superficie del encofrado que soporta los efectos de la presión.

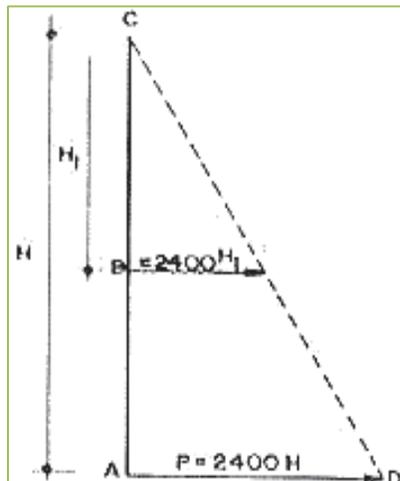
Si el concreto fresco fuera un líquido perfecto y permaneciera durante el vaciado, la magnitud de la presión en un punto cualquiera del encofrado vendría dada por el producto de la densidad del concreto por la altura que hubiera alcanzado el concreto encima de ese punto.

$$P = \gamma \cdot h$$

Dónde:  $\gamma$  (densidad del concreto = 2 400 kg/m<sup>3</sup>) y h (altura de columna).

Las características de estos encofrados es que la velocidad de llenado del concreto es rápida; por lo tanto, puede considerar la presión máxima de variación triangular y correspondiente a la altura máxima del encofrado. El A.C.I fija la presión máxima en 14 650 kg/m<sup>2</sup>, independientemente de la altura del encofrado y de la velocidad de vaciado del concreto.

**Gráfico N° 2:** Relación de presión – altura del encofrado de una columna.



*Fuente: Manual del constructor.*

La línea CD representa la variación de la presión en toda la altura del encofrado de una columna de altura. La presión al pie de la columna es 2 400 kg/m<sup>3</sup> (H).

En el punto B la presión es 2 400 (H1) mientras que en el borde superior del encofrado la presión es cero.

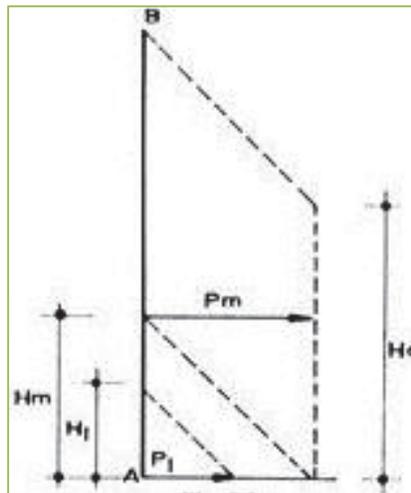
Si la altura de la columna fuera 3m, la presión al pie de la columna sería  $2\,400 \times 3 = 7,400 \text{ kg/m}^2$ . En el punto o plano B, si es 1,80m, la presión es  $2\,400 \times 1,80 = 4\,320 \text{ kg/m}^2$ .

Generalmente se procede de esta manera para determinar la presión que ejerce el concreto fresco sobre los tableros de las columnas, consideración que está plenamente justificada por la rapidez con que se lleva a cabo el vaciado de columnas; sin embargo, en el caso de muros, debido a su mayor longitud y consiguientemente mayor volumen, la velocidad del vaciado se realiza más lentamente.

Al inicio del vaciado la presión aumenta proporcionalmente con la altura que va alcanzando el concreto dentro del encofrado.

Conforme progresa el llenado, el concreto comienza a endurecer y al llegar a una determinada altura la presión ya no se incrementa, permaneciendo su valor constante aun cuando prosiga el vaciado.

**Gráfico N° 3:** Presión del encofrado de un Muro.



**Fuente:** Manual del Constructor.

Cuando el concreto fresco llega a una altura H1, la presión es P1 igual a  $2\,400 \times H1$ , y seguirá aumentando hasta alcanzar un valor máximo Pm a la altura Hm. Esta presión ya no se incrementará permaneciendo invariable hasta la altura Hc, la que denominaremos altura crítica. A partir de la altura Hc la presión comienza a disminuir linealmente hasta un valor cero en el borde superior del encofrado.

El valor de la presión máxima depende de diversos factores, principalmente de la velocidad de llenado y de la temperatura del concreto. La presión será mayor cuanto más

rápidamente se realiza el vaciado. La velocidad de llenado está relacionada con la longitud y espesor del muro y, desde luego, con el equipo utilizado párale vaciado. Si la colocación se realiza con equipo de bombeo la presión máxima alcanzará significativos valores, que pueden ocasionar la deformación o el colapso de los encofrados si éstos no son reforzados apropiadamente.

### Velocidad de Vaciado del Concreto:

La velocidad de llenado debe tomarse en cuenta ya que cuando mayor sea esta, mayor será la presión en las partes inferiores del molde, si el concreto no ha comenzado a fraguar.

En la construcción de edificaciones, la velocidad de vaciado del concreto sobre los encofrados es el factor más importante e influye en la presión lateral; aunque generalmente no se ejerce ningún control durante la construcción.

Al ser colocado en los encofrados, el concreto tiene la consistencia de una masa plástica. A medida que transcurre el tiempo va endureciendo convirtiéndose finalmente en un material sólido. En este lapso, desde su colocación hasta su endurecimiento, el concreto ejerce considerable presión sobre los tableros de los encofrados de muros y columnas.

Las relaciones entre presión sobre el encofrado, velocidad de vaciado o llenado y temperatura de fraguado, según datos proporcionados por la Universal Form Cement Association, los datos experimentales con equipo, se tiene en el siguiente cuadro:

**Tabla 4:** Influencia de la velocidad de vaciado de los encofrados sobre la presión.

Temperatura Ambiente °C	Velocidad de Vaciado m/h	PRESION MAXIMA		
		Kg/m2	Altura de concreto (m)	Tiempo (min)
23,5	2,75	1 562	0,915	20
23,5	3,23	1 025	0,700	13
14	3,66	1 367	0,975	17
14	3,81	1 709	0,975	17
23,5	3,81	1 318	0,700	11
14	6,10	1 709	1,400	23
14	6,10	2 734	1,400	23

*Fuente:* Universal Form Cement Association

Otros investigadores como Rodin proponen las siguientes expresiones para determinar la presión máxima ejercida. Para concreto colocados manualmente sobre encofrados:

$$\checkmark P_m = 2\,900R^{1/3} = 1\,765H_m$$

$$\checkmark H_m = 1,64R^{1/3}$$

$$\checkmark T_m = \frac{1,64}{R^{3/2}}$$

Donde:

Pm = Presion maxima en Kg/cm2.

R = Velocidad de vaciado en m/h

Hm = Altura del concreto a la presion maxima en m.

Tm = Tiempo necesario para alcanzar la presion maxima en horas.

### **Vibrado del concreto durante el Vaciado:**

El vibrado produce en el concreto una consolidación de los materiales, pero momentáneamente hace que este se comporte como un fluido en la zona alrededor del vibrador, lo que provoca un aumento de presión que puede ser hasta de un 20%.

Para determinar la incidencia de los métodos de compactado o vibrado del concreto sobre la presión ejercida en los encofrados; el científico Teller realizo una serie de ensayos utilizando concretos de dosificación 1:2:4 con agregados de tamaño máximo 1<sup>1/4</sup> de pulgadas vaciando a temperaturas variables entre 9,4°C y 16,7°C con una velocidad constante de llenado de 6,1m/h. los ensayos fueron hechos a escala natural sobre columnas de (0,6 m \*0,20 m) de sección y 3,65m de altura (Peurifoy, 1978). Las condiciones de realización de los ensayos fueron las siguientes:

**Primer caso:** el vaciado del concreto o hormigonado se realizó manualmente.

**Segundo caso:** el vaciado del concreto fue compactado mediante un vibrador de 3 600 revoluciones/minuto.

En ambos casos los asentamientos fueron los siguientes:

**Tabla 5:** Asentamiento del concreto.

Tipo de compactación.	ASENTAMIENTO		
	1° ensayo	2° ensayo	3° ensayo
1.- A mano	8,9 cm.	19 cm.	
2.- Vibrado	3,8 cm.	8,9 cm.	12,7cm.

*Fuente:* Encofrado para estructuras de Hormigón - Ensayo del científico Teller.

Observando la tabla N°5 podemos indicar que a mayor asentamiento del concreto requiere menor compactado y a menor asentamiento requiere un compactado más cuidadoso siendo necesario el uso de equipos de compactación (vibradora); cuando no se dispone de

equipos de vibrado se requiere una varilla, porque el concreto deberá tener un óptimo compactado y llenar todos los espacios vacíos.

### **Influencia de consistencia sobre la presión.**

Analizando los resultados experimentales obtenidos por varios investigadores que han estudiado, que ejerce el concreto sobre la presión lateral que se produce sobre los encofrados, se llega a las siguientes conclusiones:

La presión desarrollada por el concreto sobre los encofrados es más elevada cuanto mayor es su grado de asentamiento, suponiendo constante los demás factores.

El concreto seco con la misma dosificación que los normales, excepto en el contenido de agua, producen unas presiones máximas del orden de 80% de las producidas por los normales.

### **Influencia del impacto sobre la presión.**

El efecto del impacto sobre la presión que ejerce el concreto sobre los encofrados puede ser relativamente pequeño o muy grande dependiendo del tipo de estructura.

Resulta por ejemplo sumamente pequeño cuando se vierte el concreto sobre el encofrado de muros, en el caso que se analiza el efecto del impacto sobre la solera del muro es prácticamente insignificante.

En cambio, el impacto puede resultar de apreciable consideración cuando el concreto es vertido desde una altura considerable, por ejemplo, 3 m con una velocidad de llenado de alrededor de 1,5 m<sup>3</sup>/min, suponiendo el peso del concreto de 2 400kg/m<sup>3</sup>

En este caso no es posible determinar exactamente el incremento de presión que resulta del impacto; pero un cálculo aproximado puede realizarse de la siguiente manera:

$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{(2*9,81*3)} = 7,67$  m/seg. Supongamos que al final de la caída del concreto, este chocará con una capa de 20cm, de espesor de concreto colocado previamente disminuyendo su velocidad hasta cero en dicha distancia; por lo tanto, la velocidad media después del choque con la capa de concreto será de:

$$V_m = (V_f + V_o) / 2 = (7,67 + 0) / 2 = 3,84 \text{ m/seg.}$$

El tiempo para que la velocidad sea cero viene dado por la siguiente expresión:

$$t = h/v = 0,20/3,84 = 0,052 \text{ seg.}$$

El peso del concreto que cae durante ese tiempo será:

$$P = vY; \quad v = AL, \text{ considerando un área unitaria } (A = 1) \text{ y } v = \text{volumen.}$$

$$L = Vt, \text{ donde } V = \text{velocidad.}$$

Por lo tanto,  $P = AVt = AVt\gamma$

La velocidad de colocación del concreto de 1,5 m<sup>3</sup>/min. Reducida a unidades convenientes es 0,025 m<sup>3</sup>/seg.

Por lo tanto:  $P = 1 \cdot 0,025 \text{ m}^3/\text{seg} \cdot 0,052 \text{ seg} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 3,12 \text{ kg}$ .

La aceleración a través de la capa de 20 cm será:

$a = (V_f + V_o)/t = (0 + 7,67 \text{ m/seg.}) / (0,052 \text{ seg.}) = -147,5 \text{ m/seg}^2$ .

Finalmente, la fuerza media para detener la caída del concreto en los 20 cm será:

$F = ma$ , pero  $m = P/g$ ; por lo tanto,  $F = Pa/g = 3,12 \cdot 147,5/9,81 = 46,91 \text{ kg}$ .

Del análisis se da que la fuerza de impacto calculado ( $F = 46,91 \text{ kg}$ ) actúa sobre la capa de 20 cm de concreto, que a su vez es transmitida hacia los encofrados como una presión extra; por lo tanto, se recomienda las secciones transversales de los elementos soportantes del encofrado para aumentar la capacidad de los esfuerzos resistentes, cuando el vaciado sea depositado desde gran altura y a altas velocidades.

#### **c. Influencia de la forma, dimensiones y armadura.**

La influencia de la forma y dimensiones del encofrado sobre la presión es un aspecto que no ha sido suficientemente investigado; sin embargo se sabe que al vaciar el concreto sobre los encofrados, la presión en un punto cualquiera del mismo, aumentara proporcionalmente a la altura que va alcanzando el concreto, hasta un máximo, disminuye seguidamente aunque se siga vaciando el concreto; en cambio el efecto que produce la armadura (esteras, estribos, etc.) es aumentar las fuerzas internas de rozamiento en el concreto, reduciendo a su vez la presión sobre los encofrados; siendo su efecto más pronunciado cuando se utiliza diámetros pequeños de hierro.

El peso del concreto, este factor es fundamental al determinar la presión lateral, pues está en función directa del peso. El valor que se utiliza para su diseño es de 2400 kg/m<sup>3</sup> (Peurifoy, 1978).

#### **d. Temperatura del Concreto.**

La temperatura afecta en forma importante la fuerza ejercida por el concreto. A bajas temperaturas el concreto tarda más en fraguar y por lo tanto da lugar a que este alcance cierta altura antes de fraguar. Esto se traduce en un incremento de presión, lo contrario ocurre con un aumento de temperatura.

Cuando el concreto se vierte o vacía sobre el encofrado soportante de una estructura se encuentra inicialmente en estado fluido (semilíquido o plástico), a medida que pasa el tiempo el cemento empieza a fraguar, continuando este proceso hasta que el concreto se transforma en una masa solida capaz de conservar su forma sin ejercer presión alguna sobre el encofrado. Así pues, suponiendo los encofrados llenos y con suficiente altura de concreto, la presión sobre una superficie cualquiera aumentará gradualmente hasta un máximo y a continuación disminuirá, también gradualmente, hasta anularse.

Como el tiempo necesario para la iniciación y terminación del fraguado depende de la temperatura, la presión máxima estará, por tanto, directamente relacionada con ella. Las bajas temperaturas retrasan el proceso del fraguado, mientras que las altas aceleran su comienzo y terminación. En consecuencia, suponiendo constantes los demás factores que afectan a la presión, el concreto abajas temperaturas producirá mayores presiones sobre los encofrados que el concreto a temperaturas altas (Peurifoy, 1978).

Al variar la temperatura, lo harán también las presiones, situación que ha sido investigada por científicos como Macklin, Roby y Rodin en concreto a mano y vibrado, por instituciones como la P.C.A. (portland cement asociation) y la A.C.I. (american concrete institute).

**Tabla 6:** Relación entre presión máxima y la temperatura (PCA).

<b>Velocidad de vaciado (m/h)</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Presión máxima Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>% de la presión a 21°C</b>
<b>0,60</b>	21	1 710	100
	10	2 200	129
<b>0,90</b>	21	2 200	100
	10	2 930	133
<b>1,20</b>	21	2 680	100
	10	3 660	136
<b>1,50</b>	21	3 170	100
	10	4 400	138
<b>1,80</b>	21	3 660	100
	10	5 125	140
<b>Media de todos los %</b>	21		100
	10		135

*Fuente: Portland Cement Association.*

A bajas temperaturas ambientales el concreto endurece lentamente desarrollándose presiones muy grandes; por ejemplo, a temperaturas entre 5° y 10°C la presión es aproximadamente una y media vez mayor que la que corresponde a una temperatura

ambiental de 21°C. En cambio, si la temperatura durante el vaciado es de 30°C, la presión máxima será más o menos 80% de la producida a 21°C.

### **Presión Lateral del Concreto en Muros y Columnas.**

Para los tableros de las formaletas que se encuentran en posición vertical la presión lateral máxima o carga horizontal máxima, producida por el concreto semifluido, es la fuerza más significativa y se evalúa de acuerdo con las expresiones recomendadas por el comité 347 del Instituto Americano del Concreto dedicado al tema de las formaletas para el concreto.

El A.C.I, después de un estudio considerable, recomienda utilizar las siguientes expresiones para calcular la presión máxima ejercida por el concreto ante un tablero lateral:

#### **a. Presión Lateral en tableros de Columnas.**

El A.C.I recomienda la siguiente expresión:

$$P_m = 7,2 + \frac{785R}{17,8+T} \quad , \text{ para } R < 2 \text{ m/h}$$

Las presiones se refieren a concretos compactados con vibrador.

Debido a que el llenado de las formaletas para columnas es muy rápido el A.C.I. recomienda calcular la presión prescindiendo de la velocidad y la temperatura tomando un valor mayor, dado por:

$$P_m = 2\,400 \cdot H, \text{ para } R > 2 \text{ m/h.}$$

Donde:

- ✓  $P_m$  = Presión máxima, kg/m<sup>2</sup>
- ✓  $R$  = Velocidad de llenado, m/hr
- ✓  $T$  = Temperatura del concreto, °C.
- ✓  $H$  = Altura de la columna del concreto fresco.

Entre estas dos fórmulas que propone el A.C.I. se tendrá que elegir, para el cálculo de la presión máxima ejercida por el concreto sobre la cara de contacto del encofrado, esto dependerá de la velocidad del vaciado o llenado.

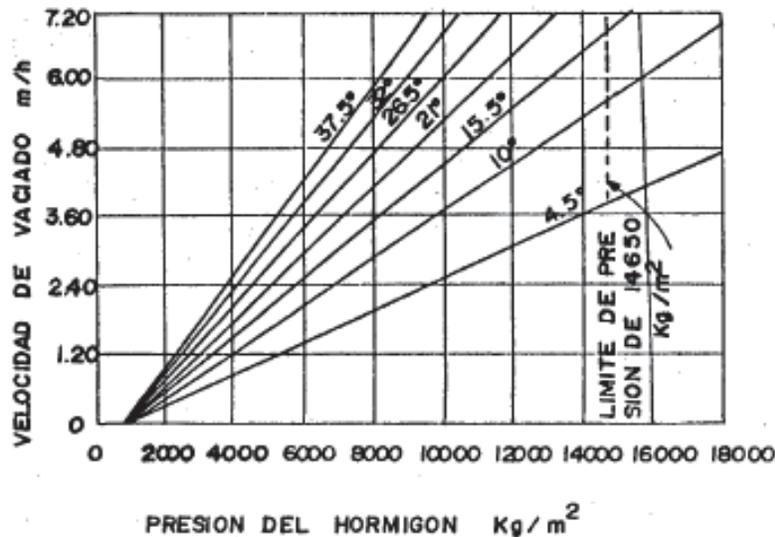
La presión máxima permitida es de 14 650 kg/m<sup>2</sup> que equivale a una altura de una columna de 6,10 m de concreto fresco. Presión mínima para diseño de columnas en todos los casos, no será menor de 3 000kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 7:** Relación entre la velocidad de Vaciado del encofrado de columna, la presión máxima y la temperatura (A.C.I)

Velocidad de vaciado (m/h)	PRESION MAXIMA ( Kg/m2)						
	Temperatura °C						
	4,5	10	15,5	21	26,6	32	37,5
0,30	1 830	1 610	1 465	1 360	1 800	1 220	1 170
0,60	2 930	2 490	2 200	2 000	1 830	1 710	1 610
0,90	4 025	3 370	2 930	2 620	2 380	2 200	2 050
1,20	5 125	4 250	3 660	3 240	2 930	2 680	2 490
1,50	6 225	5 125	4 400	3 870	3 480	3 170	2 930
1,80	7 315	6 000	5 125	4 500	4 025	3 660	3 360
2,10	8 400	6 875	5 850	5 125	4 550	4 150	3 800
2,40	9 500	7,750	6 585	5 750	5 125	4 640	4 250
2,70	10 600	8,630	7 310	6 375	5 670	5 125	4 680
3,00	11 700	9,500	8 050	7 000	6 215	5 610	5 125
3,60	13,900	11,275	9 500	8 260	7 310	6 580	6 000
4,50	17 200*	13 900	11 700	10 200	8 950	8 050	7 310
6,00	22 650*	18 300*	15 350*	13 275	11 700	10 500	9 500

Fuente: A.C.I.

**Gráfico N° 4:** Velocidad de vaciado del encofrado de columna, presión máxima y temperatura (A.C.I.).



**b. Presión Lateral en Tableros de Muros o Placas.**

$$P_m = 732 + \frac{720R}{9T+160}, \text{ para } R < 2 \text{ m/hr.}$$

$$P_m = 732 + \frac{1\ 060}{9T+160} + \frac{224R}{9T+160}, \text{ para } 2 \text{ m/hr} < R < 3 \text{ m/hr.}$$

$$P = 2\ 400 * H, \text{ para } R > 3 \text{ m/h. ecuación de la hidrostática (P = } \rho H).$$

Cálculos de la presión máxima, para diferentes velocidades de vaciado y a diferentes temperaturas, utilizando la fórmula del A.C.I.

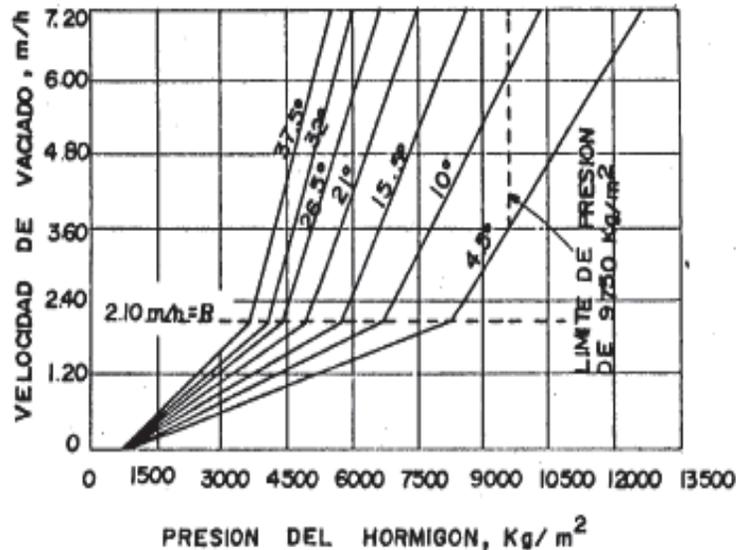
**Tabla 8:** Relación entre la velocidad de vaciado del encofrado de muro, presión máxima y temperatura (A.C.I)

Velocidad de vaciado m/h	PRESIÓN MAXIMA, Kg/m <sup>2</sup>						
	Temperatura °C.						
	4,5	10	15,5	21	26,6	32	37,5
0,30	1 830	1 610	1 465	1 360	1 280	1 220	1 170
0,60	2 930	2 490	2 200	2 000	1 830	1 710	1 610
0,90	4 025	3 370	2 930	2 620	2 380	2 200	2 050
1,20	5 125	4 250	3 660	3 240	2 930	2 680	2 490
1,50	6 225	5 125	4 400	3 870	3 408	3 170	2 930
1,80	7 315	6 000	5 125	4 500	4 025	3 660	3 360
2,10	8 400	6 875	5 850	5 125	4 550	4 150	3 800
2,40	8 500	7 150	6 075	5 315	4 750	4 280	3 940
2,70	9 100	7 425	6 300	5 520	4 920	4 450	4 075
3,00	9 340	7 680	6 540	5 705	5 080	4 600	4 215
4,50	10 765*	9 050	7 665	6 680	5 940	5 360	4 900
6,00	12 850*	10 400*	8 800	7 650	6 800	6 120	5 580

Fuente: A.C.I.

\* La presión máxima permitida para los tableros en muros es de 9 765kg/m<sup>2</sup> que equivale a una altura en encofrado fresco de 4 m.

**Gráfico N° 5:** Velocidad de vaciado del encofrados de muros, presión máxima y temperatura (ACI).



Se deben tomarse las precauciones cuando se utilizan sistemas de vibrado para el concreto hecho con agentes reductores, pueden producirse presiones superiores a lo calculado a través de la fórmula de presión hidrostática. Para este caso se toma un factor de

incremento del 35% debido a la vibración ocurrida en el momento de asentar la mezcla del vaciado. (García y Martínez, 2007).

El diseño exige conocer las cargas y presiones que actúan sobre la formaleta y las propiedades resistentes de los materiales utilizados en la construcción. Las formaletas deben soportar las cargas verticales y horizontales que se produzcan hasta que el concreto desarrolle una resistencia tal, que le permita soportarse por sí mismo; también estos elementos presentan deflexiones para las cuales se establecen unas tolerancias permisibles.

## **2.8. CONCRETO.**

El concreto es una mezcla de diversos elementos utilizada en la construcción. La adecuada dosificación es indispensable para poder preparar un concreto con las normas de calidad requeridas.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes:

**Agregado y pasta.** La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

La pasta está compuesta de Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El contenido de aire y concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso. Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada, así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en la relación con la cantidad de Cemento.

Algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- ✓ Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- ✓ Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- ✓ Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- ✓ Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y esfuerzo.
- ✓ Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aun la mezcla más rígida puede ser empleada. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se puede modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida, durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para:

- ✓ Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento.
- ✓ Reducir la demanda de agua.
- ✓ Aumentar la trabajabilidad.
- ✓ Incluir intencionalmente aire.
- ✓ Ajustar otras propiedades del concreto.

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado, y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

### **2.8.1. CEMENTO.**

En la construcción se denomina cemento a un aglutinante o aglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, manejable y plástica capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua y adquiriendo por ello consistencia pétreo, el concreto o concreto. Su uso está muy generalizado, siendo su principal función la de aglutinante.

### ***Tipos de Cemento:***

Se pueden establecer dos tipos básicos de cementos:

- ✓ Base de arcilla. Obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente.
- ✓ Puzolánicos. La puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o de origen volcánico.

Existen diversos tipos de cemento, diferentes por su composición, propiedades de resistencia y durabilidad. Desde el punto de vista químico se trata en general de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido, molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y solidifica progresivamente. Puesto que la composición química de los cementos es compleja, se utilizan terminologías específicas para definir las composiciones.

La clasificación de los cementos se puede hacer según diferentes criterios. Las principales características distintivas en las que pueden basarse dichos criterios pueden ser:

- ✓ Las clases o categorías resistentes (resistencias mecánicas mínimas o medias, usualmente la resistencia a la compresión a los 28 días)
- ✓ Los tipos de cemento (cementos portland, cementos siderúrgicos, cementos puzolánicos, etc.
- ✓ Las propiedades características especiales más importantes (bajo calor de hidratación, resistencia frente medios agresivos, por ejemplo, sulfatos, rápido desarrollo de resistencias, etc.

El cemento Portland tiene una composición de:

- ✓ 64% óxido de calcio.
- ✓ 21% óxido de silicio.
- ✓ 5,5% óxido de aluminio.
- ✓ 4,5% óxido de hierro.
- ✓ 2,4% óxido de magnesio.
- ✓ 1,6% sulfatos.
- ✓ 1% otros materiales, entre los cuales principalmente agua.

La calidad del cemento Portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 150.

### ***Exigencias de Resistencias:***

La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 2 días o 7 días. Para cada clase de resistencia normal, se definen dos clases de resistencias

iniciales: una clase con resistencia inicial ordinaria, indicada por N, y una clase con resistencia inicial elevada indicada por R.

### ***Proceso de Fabricación:***

Existe una gran variedad de cementos según la materia prima base y los procesos utilizados para producirlo, que se clasifican en procesos de vía seca y procesos de vía húmeda.

El proceso de fabricación del cemento comprende cuatro etapas principales:

- ✓ Extracción y molienda de la materia prima.
- ✓ Homogeneización de la materia prima.
- ✓ Producción del Clinker.
- ✓ Molienda de cemento.

La materia prima para la elaboración del cemento (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso) se extrae de canteras o minas y, dependiendo de la dureza y ubicación del material, se aplican ciertos sistemas de explotación y equipos. Una vez extraída la materia prima es reducida a tamaños que puedan ser procesados por los molinos de crudo.

La etapa de homogeneización puede ser por vía húmeda o por vía seca, dependiendo de si se usan corrientes de aire o agua para mezclar los materiales. En el proceso húmedo la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de homogeneización y de allí hasta los hornos en donde se produce el clinker a temperaturas superiores a los 1 500 °C. En el proceso seco, la materia prima es homogeneizada en patios de materia prima con el uso de maquinarias especiales. En este proceso el control químico es más eficiente y el consumo de energía es menor, ya que al no tener que eliminar el agua añadida con el objeto de mezclar los materiales, los hornos son más cortos y el clinker requiere menos tiempo sometido a las altas temperaturas.

El clinker obtenido, independientemente del proceso utilizado en la etapa de homogeneización, es luego molido con pequeñas cantidades de yeso para finalmente obtener cemento.

### ***Almacenamiento del Cemento:***

El cemento es una sustancia particularmente sensible a la acción del agua y de la humedad, por lo tanto, para salvaguardar sus propiedades, se deben tener algunas precauciones muy importantes: Inmediatamente después de que el cemento se reciba en el área de las obras si es cemento agranel, deberá almacenarse en depósitos secos, diseñados a

prueba de agua, adecuadamente ventilados y con instalaciones apropiadas para evitar la absorción de humedad. Si es cemento en sacos, deberá almacenarse sobre parrillas de madera o piso de tablas; no se apilará en hileras superpuestas de más de 14 sacos de altura para almacenamiento de 30 días, ni de más de 7 sacos de altura para almacenamientos hasta de 2 meses. Para evitar que el cemento envejezca indebidamente, después de llegar al área de la obra, el Contratista deberá utilizarlo en la misma secuencia cronológica de su llegada. No se utilizará bolsa alguna de cemento que tenga más de dos meses de almacenamiento en el área de las obras, salvo que nuevos ensayos demuestren que está en condiciones satisfactorias.

### **2.8.2. AGREGADOS.**

Generalmente se entiende por agregado, a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma E-060 del concreto, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla N°16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

## **Clasificación de los agregados**

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

### ***Por su naturaleza:***

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y concreto.

*El agregado fino*, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

*El agregado grueso*, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

*El concreto*, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

### ***Por su Densidad:***

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2,50 a 2,75, ligeros con pesos específicos menores a 2,5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2,75.

### ***Por el origen, forma y textura superficial:***

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

*Angular:* Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.

*Sub angular:* Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.

*Sub redondeada:* Considerable desgaste en caras y bordes.

*Redondeada:* Bordes casi eliminados.

*Muy Redondeada:* Sin caras ni bordes.

## **2.8.3. AGUA.**

El agua en la elaboración del concreto juega un papel muy importante, ya que la cantidad utilizada en relación con la cantidad de cemento (Relación Agua/Cemento) depende de la manejabilidad y las resistencias finales.

También hay que hacer énfasis en la calidad del agua para elaborar el concreto. Sé que, si el agua es buena para beber, es buena para hacer el concreto, creencia no del todo cierta ya que aguas azucaradas o con sustancias adicionadas en plantas de tratamiento, tales como cloro, flúor o sulfatos de aluminio e incluso sabores artificiales, no son adecuadas para hacer concreto.

El agua que se va a usar debe ser limpia, cuando se usan aguas turbias o con materiales orgánicos se obtienen concretos de baja resistencia y poca durabilidad.

El agua en el curado tiene por objetivo mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.

## **2.9. FACTORES DE LA EFICIENCIA.**

### **2.9.1. RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO.**

El rendimiento se define como, la cantidad de trabajo desarrollado para producir una unidad de medida en un tiempo determinado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\# \text{ total de unidades producidas}}{\text{total del tiempo empleado}}$$

El rendimiento de Horas Hombre (H.H.) se define como, la cantidad de recurso humano en Horas-Hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferentes especialidades, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad.

$$\text{H.H.} = \frac{\# \text{ de Cuadrilla} * \text{Jornada}}{\text{Rendimiento}}$$

### **2.9.2. TIEMPO DE LOS ENCOFRADOS.**

El tiempo de la ejecución del encofrado, está asociado al cronograma del proyecto. Aquí consiste en analizar las secuencias de las actividades del encofrado, su duración, los requisitos de recursos y sus restricciones, con el fin de controlar dicho cronograma se monitorea el estado de las actividades del encofrado para actualizar el progreso del mismo.

- ✓ Por ejemplo, el rendimiento es superior en los encofrados metálicos, esto permite que el encofrado se realice en menor tiempo:

Rendimiento del encofrado de madera en columnas: 10 m<sup>2</sup>/día (CAPECO).

Rendimiento del encofrado metálico en columnas: 20 m<sup>2</sup>/día (EFCO).

Si tenemos 60 m<sup>2</sup> de superficie de columnas a encofrar:

$$\text{Madera} = 60\text{m}^2 / 10 (\text{m}^2/\text{día}) = 6 \text{ días.}$$

$$\text{Metálico} = 60\text{m}^2 / 20 (\text{m}^2/\text{día}) = 3 \text{ días.}$$

Relación con respecto al tiempo:

$$\frac{\text{Madera}}{\text{Metalico}} = \frac{6}{3}$$

La relación nos indica que con encofrado metálico podemos realizar el doble de rendimiento en el mismo tiempo.

### 2.9.3. CALIDAD DE LOS ENCOFRADOS.

Según la Norma International Standar Organisation ISO (Sistema de Gestión de Calidad), calidad se define como grado en el que un conjunto de características de un producto o servicio cumple con los requisitos y/o necesidades del cliente, conseguido mediante el uso óptimo de los recursos. En la construcción de edificaciones, los requisitos y necesidades del cliente están definidos en los planos y especificaciones técnicas.

Al diseñar y construir un encofrado se pretende que este sea funcional; pero la calidad dependerá del acabado que se desea. Al desencofrar un elemento podemos obtener dos tipos de acabados:

a) *Concreto arquitectónico*: En este caso la apariencia del elemento será la que se obtenga después de desencofrar; se hace necesario un encofrado de mucha calidad.

b) *Concreto no arquitectónico*: El acabado final de estos elementos se hace después de desencofrar, por lo que no es necesario un molde de mucha calidad, en cuanto a apariencia y acabado se refiere.

### Control de Calidad.

El control de calidad es el proceso, donde se asegura la estandarización de la disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y manufacturabilidad de un producto o servicio.

El control de calidad como proceso debe tener en consideración las etapas de planificación, control y mejora. La calidad, en este sentido, no solo se refiere a la durabilidad

de un producto o la satisfacción en un servicio, sino que implica cumplir con estándares de rentabilidad financiera, crecimiento comercial y seguridad técnica definidas por la dirección de la empresa.

El término “inspección” hace referencia a una operación de control de la calidad, en un momento dado del proceso considerado, cuyo objetivo es determinar si los resultados logrados en esa etapa, cumplen con los requisitos especificados.

Las operaciones de control de la calidad dependen de la jerarquía operativa cuya responsabilidad es lograr la calidad a lo largo del proceso.

El control de calidad de los encofrados en obra es muy importante, porque recibirá el concreto y fraguara en este, el encofrado deberá proveer a la estructura de concreto la forma requerida, y si el elemento tiene imperfecciones por fallas a causa de un mal proceso de encofrado se deberá de arreglar las imperfecciones generadas o en el peor de los casos se tendrá que demoler todo el elemento estructural; los encofrados deberán cumplir con las siguientes exigencias para la aprobación de estos trabajos.

Los encofrados deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Los encofrados deberán estar correctamente alineados, que cumpla con los perfiles y dimensiones que se requieren de acuerdo a los planos.
- ✓ Que sean suficientemente rígidos para evitar deformaciones causadas por la presión del concreto u otras cargas.
- ✓ Que los arrostramientos y uniones garanticen la estabilidad y rigidez de la estructura.
- ✓ Los encofrados deberán tener la cantidad de usos determinados por el expediente técnico o de acuerdo al material que se está utilizando para el encofrado.
- ✓ Deberá tener un sello hermético para así evitar que la lechada del concreto fluya por las juntas del encofrado.
- ✓ Las tolerancias permitidas de desviación de los encofrados deberán ser menor a 6mm en cada 6 metros de elementos estructurales.

#### **2.9.4. SEGURIDAD DE LOS ENCOFRADOS.**

La utilización de encofrados en las obras de construcción abarca un amplio y diverso conjunto de actividades que suceden a lo largo de las diferentes fases y etapas de las mismas. Dicha utilización, frecuente e intensiva en la mayor parte de las obras, se ve caracterizada por unos considerables niveles de riesgo derivados, con carácter general, de las condiciones de trabajo que exige su montaje, utilización y desmontaje.

Los casos de los accidentes ocurridos en las obras de construcción relacionados con la actividad de ejecución de encofrados son amplia y diversa, normalmente, guarda relación con el tipo de encofrado y con el elemento constructivo (losas, columnas, muros, entre otros.) en los que se realiza esta actividad. Sin entrar en casos más específicos se analizan los accidentes más comunes que se han seleccionado en esta actividad, sin tratar de asignar estos accidentes a una unidad de obra o de encofrado en concreto. A continuación, se mencionan algunos incidentes:

**a) Golpes y atrapamientos durante la manipulación de paneles de Encofrado.**

La manipulación de los paneles de encofrado se realiza con equipos de elevación de cargas, con eslingas habitualmente de un único punto a través de piezas especiales y específicas para cada tipo de encofrado y cada fabricante o suministrador.

Este accidente, se produce cuando los trabajadores realizan un guiado manual del panel de encofrado suspendido, bien para su acopio, bien para su posicionamiento o retirada, y se produce un movimiento imprevisto del panel, por el giro del mismo, o por el movimiento del equipo de elevación que lo manipula (Yosep, 2014).

*Causas habituales de este tipo de accidentes.*

La causa principal de este tipo de accidentes reside en el guiado manual de las cargas por parte del trabajador. Esta acción se debe a la falta de utilización en mayor parte de los casos de cuerdas guía para el guiado de los encofrados.

Para evitar este tipo de accidentes debe, evitarse la presencia de trabajadores en las proximidades de los paneles durante el movimiento con los medios mecánicos y hasta que el panel se encuentre en su posición de montaje o acopio.

**b) Golpes en el desmontaje de los paneles de Encofrado.**

Otros accidentes habituales, sobre todo cuando hablamos de pequeños encofrados, se producen en el desencofrado de paneles prefabricados de pequeñas dimensiones, como bordes de losas, muretes guía y pequeñas cimentaciones. En estos elementos, se utilizan habitualmente modulaciones de 0,60 m x 2,00 m.

El accidente se produce cuando el trabajador, utilizando el útil tipo palanca (barra de ña) se dispone a despegar el encofrado mientras, para facilitar el despegue, se tira del encofrado con el equipo de elevación (grúa móvil o grúa torre). Esta práctica, habitual en las obras, provoca el despegue expeditivo del encofrado y el golpeo al trabajador. (Yosep, 2014)

*Causas habituales de este tipo de accidentes.*

La causa directa de este tipo de accidente es la presencia del trabajador en la zona de salida del encofrado, provocada por la acción simultánea de despegue con la uña y tracción con la grúa. En este punto, conviene recordar la prohibición prevista para los equipos de elevación de utilizarse para realizar tracción y tirones. El procedimiento correcto debería pasar por el despegue previo del panel de encofrado para su posterior retirada con la grúa o el equipo de elevación.

Una causa secundaria de este tipo de accidentes radica en la falta o escases de utilización de productos desencofrantes para este tipo de encofrados no vistos y de pequeñas dimensiones.

### **c) Caídas de objetos desprendidos, paneles de encofrado durante el Desencofrado.**

Este tipo de accidente se produce durante los trabajos de desencofrado de losas superiores de estructuras apuntaladas (losas, puentes, forjados) o bien durante la retirada del encofrado fenólico (paneles).

Durante la realización de estos trabajos, no se completa la retirada del encofrado. Este, que se mantiene adherido al concreto de la losa se precipita de forma inesperada en cualquier otra fase, bien de forma espontánea (pérdida de humedad y adherencia) o bien por acciones externas no directas, golpeando a trabajadores que se encuentran en las proximidades.

En el caso particular de las obras de edificación, este tipo de accidentes se producen debido al incorrecto método utilizado para retirar los elementos del encofrado, originando golpes a los trabajadores o derrumbes con consecuencias más graves (Yosep, 2014).

#### *Causas habituales de este tipo de accidentes.*

Como ya se ha indicado, la causa de este tipo de accidentes se debe por un lado a la falta de retirada del encofrado que, falsamente, parece estable adherido al hormigón; o bien al inadecuado método utilizado para realizar la retirada de los paneles de encofrado.

Para evitar que se produzcan y materialicen este tipo de accidentes se deben retirar los paneles de encofrado a medida que se retira su material o elementos de soporte, utilizando para ello los medios y procedimientos que el fabricante ha diseñado para estos trabajos

En todo tipo de diseño de elementos estructurales, se tiene como prioridad la seguridad de estos, es por eso que los encofrados deben prepararse para que sean seguros, para soportar así las cargas a las que les somete durante el periodo de uso. La seguridad de los encofrados dependerá de la calidad de los materiales que se utilicen para su construcción, así como el diseño estructural de estos y la calidad de mano de obra. (Yosep, 2014).

## **2.10. PROBLEMAS FRECUENTES EN EL USO DE ENCOFRADOS.**

Los problemas principales a tener en cuenta al momento de construir con este sistema pueden ser los siguientes:

### **a) Poco Recubrimiento.**

Son las encargadas de asegurar un recubrimiento mínimo en los muros de concreto. Si estos separadores no están colocados uniformemente en la armadura del muro, al momento de desencofrar, estas quedan a la vista o se caen pedazos de concreto. Esto se da mayormente en las aristas del concreto.

### **b) Poros en el Concreto.**

Son huecos pequeños que quedan en la superficie del concreto producto de burbujas de aire que quedan atrapadas durante su fraguado. Esto empeora la superficie vista y aumenta el trabajo en las terminaciones. Para evitar este problema hay que asegurar un correcto vibrado para obtener una buena compactación. Si es necesario, se puede utilizar un vibrador con mayor frecuencia.

Un error típico es usar capas de desmoldante muy gruesas en la cara de contacto de los moldes, ya que las burbujas en este producto se adhieren a la superficie del concreto, generando el mismo problema explicado anteriormente. Luego, para lograr una superficie sin poros, además de ser cuidadoso con el vibrado, el desmoldante se debe aplicar con un espesor en capas finas menores de 0,05 mm.

### **c) Fisuras en el Concreto.**

Las fisuras en el concreto pueden ser producidas por variaciones de su volumen ya sea por una retracción hidráulica producto de la humedad, por retracción térmica y al momento del traslado paneles para el siguiente nivel. Para prevenirlas se debe asegurar un buen curado del concreto y buen control de encofrado para el siguiente nivel.

Fisuras menores a 0,2 mm no son dañinas para la estructura; pero si son de gran tamaño, sin llegar a producir un riesgo estructural, se deben tratar porque pueden ser un conducto de agentes dañinos para las armaduras, afectando la durabilidad, integridad y apariencia de la estructura.

### **d) Desplomes.**

La inclinación del moldaje hacia un lado genera desplomes de los muros después del vaciado. Este problema puede generar un alto costo a la obra considerando que se debe rehacer el muro completo. Para que no ocurra esto, se debe chequear la verticalidad de los encofrados y verificar con un plomo cada uno de los moldajes durante la construcción.

## **2.11. DEFINICIONES BÁSICAS.**

### **Losa.**

Se denomina losa o placa al elemento estructural con forma plana, generalmente horizontal, cuyas superficies superiores e inferiores son paralelas o aproximadamente paralelas entre sí, y con un pequeño espesor en comparación con sus otras dimensiones. Está apoyada en sus cuatro lados, sobre vigas, viguetas, muros de mampostería o de concreto armado, acero estructural, directamente sobre columnas que están conectadas al terreno mediante las zapatas. Presentan una flexión cilíndrica (en un solo sentido) o bien una flexión abovedada (en doble sentido), dependiendo estos estados de deformación de las cargas actuantes y de la relación entre sus lados y la forma de apoyarse.

### **Viga.**

Es un elemento estructural sometido predominantemente a solicitaciones por flexión y eventualmente a otros que no comprometen su capacidad resistente (cortante, torsión, compresión o tensión de poca magnitud).

La forma de las vigas muchas veces queda condicionada por las losas (cuando son nervadas); de esta manera, se obtiene vigas de “L” invertida o en forma de “T”. A menudo, las de concreto armado son rectangulares y están caracterizadas por tener una zona de concreto a compresión rectangular con un refuerzo a tensión situado simétricamente al plano de aplicación de las cargas

### **Revenimiento.**

Prueba que se le realiza al concreto fresco para determinar su consistencia, la cual se relaciona directamente con su trabajabilidad e indirectamente con la relación agua cemento del diseño de concreto aportado al proyecto.

### **Sobrecosto.**

Se conoce como un incremento de costo o sobrepasar el presupuesto, es un costo inesperado que no se previó en el presupuesto del proyecto que se incurre por sobre una cantidad presupuestada debido a una subestimación del costo real durante el proceso de cálculo del presupuesto.

### **Lean Construction.**

El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este novedoso

método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. A partir de la aplicación de técnicas que incrementan la productividad de los procesos de construcción, conseguimos mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o "todo aquello que no agrega valor al producto final". Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados

Los resultados del Lean Construction se reflejan en una disminución del coste, un aumento de la calidad y una reducción en el plazo de entrega de las construcciones.

### **Compresión.**

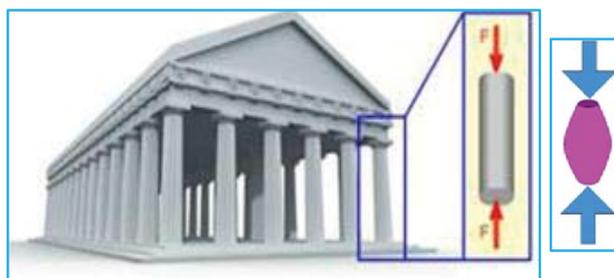
Un cuerpo está sometido a un esfuerzo de compresión cuando se le aplican dos fuerzas con la misma dirección y sentidos contrarios provocando un abombamiento en su parte central y reduciendo su longitud inicial. Las fuerzas aplicadas tienden a aplastarlo o comprimirlo.

Cuando se somete a compresión una pieza de gran longitud en relación a su sección, se arquea recibiendo este fenómeno el nombre de pandeo.

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Columnas son ejemplo de elementos diseñados para resistir esfuerzos de compresión.

*Figura N° 29: Las fuerzas aplicadas tienden a comprimirlo.*



*Fuente: Pagina Wed. Amoviblesio.blogspot.com*

### **Tracción.**

Decimos que un elemento está sometido a un esfuerzo de tracción cuando sobre él actúan fuerzas que tienden a estirarlo. Los tensores son elementos resistentes que aguantan muy bien este tipo de esfuerzos.

La tracción es lo contrario a la compresión: intentar "estirar", alargar un elemento.

Muchos puentes modernos, como los puentes de tirantes y los puentes colgantes, utilizan gruesos cables de acero para sostener el tablero por donde circulan los vehículos. Estos cables se denominan tirantes y están sometidos a tracción.

*Figura N° 30: Demostración de tracción, en un puente de tirantes.*

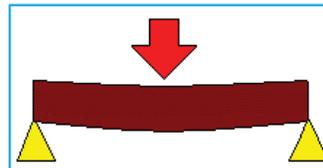


*Fuente: Pagina Wed. Amoviblesio.blogspot.com*

### **Flexión.**

Un elemento estará sometido a flexión cuando actúen sobre él cargas que tiendan a doblarlo. En un esfuerzo de flexión se dan los esfuerzos de tracción y compresión a la vez, pues cuando el cuerpo se hunde, una parte sube hacia fuera (tracción), mientras que otra se hunde hacia dentro (compresión).

*Figura N° 31: Viga en Flexión.*



*Fuente: Pagina Wed. Amoviblesio.blogspot.com*

### **Torsión.**

Un cuerpo sufre esfuerzos de torsión cuando existen fuerzas que tienden a retorcerlo. Es un esfuerzo producido por retorcer o girar un material sobre sí mismo, ejerciéndose en sus dos pares de giro en sentido contrario.

### **Corrosión.**

La corrosión no es más que una reacción química producto de la unión del metal con el oxígeno, es decir, la corrosión es un deterioro observado en un objeto metálico a causa de un alto impacto electroquímico de carácter oxidativo y la velocidad degenerativa de dicho material dependerá de la exposición al agente oxidante, la temperatura presentada, si se

encuentra expuesto a soluciones salinizadas (conjugadas con sal), y por ultimo de las propiedades químicas que posean estos agentes metálicos; el proceso de corrosión es totalmente espontaneo y natural, también pueden presentar este proceso materiales que no sean metálicos.

### **Abrasión.**

La noción de abrasión está vinculada con el hecho y consecuencia de desgastar por medio de la fricción. En el campo de la medicina, abrasión es un concepto que refiere a la lastimadura o úlcera casi superficial del epitelio o de las mucosas a causa de un traumatismo o de una quemadura. También, de acuerdo a su significado, describe al poder irritante de los purgantes enérgicos.

### **Trabajabilidad.**

El concepto de trabajabilidad del concreto no responde a una definición precisa. Este engloba varias propiedades interdependientes como la consistencia, la cohesión (adherencia interna), la tendencia a la homogeneidad, la plasticidad y la tixotropía.

### **Aleación.**

Una aleación es una combinación de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos metálicos sólidos. Las aleaciones están constituidas por elementos metálicos. Mayormente las aleaciones son consideradas mezclas, al no producirse enlaces estables entre los átomos de los elementos involucrados.

### **Eficiencia.**

“Lograr un mismo objetivo con menores recursos”, son procesos, funciones, tiempo y costo. Esto no es más que concebir proyectos altamente productivos, enmarcados en un control absoluto de gastos pero sin desconocer ninguna actividad, pues hasta los imprevistos se pueden presupuestar a tal nivel de detalle y costeo, que no se incurrirá en sorpresas ni en desfases al momento que ocurran; cabe anotar que los sistemas de construcción industrializados, los cuales normalmente involucran encofrados de distintos materiales y estructuras portantes de muros de concreto, son los que permiten dinamizar un proyecto a tal punto que podemos verlo y sobre todo ejecutarlo como una sola línea de producción.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA.**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACION.**

##### **3.1.1. INVESTIGACIÓN COMPARATIVA.**

La investigación comparativa es un procedimiento: ordenado, lógico, metódico y sistemático, para poner en relación dos sistemas de encofrados. Esta investigación consiste en efectuar una comparación más exhaustiva posible tanto descriptivo o funcional.

El estudio de investigación compara el Costos, Rendimiento, Seguridad, Calidad y Comportamiento estructural del sistema de encofrado metálico y sistema de encofrados de madera.

Es necesario conocer a detalle cada proyecto, para identificar los problemas que aquejan a cada edificación, específicamente respecto a la partida del sistema de encofrados.

#### **3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

La investigación se realizó en las instituciones educativas: Primaria N° 50500 – San Martin de Porres del centro poblado Huaso, distrito Oropesa - Cusco y la I.E. N° 51021 Chachacomayoc en la av. los Incas, distrito de Wanchaq – Cusco; quienes justifican el estudio para mejorar el control de Costos, Rendimiento, Seguridad, Calidad y Comportamiento estructural; el diseño de investigación es transversal correlacional – cuasiesperimental, se analizó deliberadamente en la construcción de una columna la eficiencia y el comportamiento estructural, en el laboratorio de mecánica de suelos – Ingeniería Civil – UNSAAC y sobre todo para mejorar el sistema de encofrados en nuevos proyectos.

El diseño transversal correlacional - cuasiexperimental, tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables. El procedimiento fue observar y medir el comportamiento estructural luego proporcionar su descripción.

#### **3.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.**

Para proceder con la selección de la población es necesario reconocer la unidad del análisis de investigación, en este caso se trata de edificaciones realizadas en la ciudad del Cusco.

En la hipótesis se menciona que la tesis priorizará si el encofrado metálico será eficiente con respecto al encofrado de madera, es por esta razón que las unidades de análisis serán:

- ✓ Costo, Rendimiento, Seguridad, Calidad
- ✓ Comportamiento estructural.

### **3.4. PROCESO DE TOMA DE DATOS.**

#### **3.4.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.**

El estudio de investigación fue realizado en edificaciones, y abarcará solo la región de Cusco, provincia Cusco, distritos de Oropesa y Wanchaq, puesto que la mayor demanda de construcciones en cuanto a edificaciones (Instituciones Educativas) se da en estos distritos, en el año 2017.

Nuestra población de estudio son las edificaciones en proceso de construcción de la Ciudad del Cusco. El análisis se realizará en el empleo de encofrados metálicos y encofrados de madera, concerniente a la eficiencia, costo, comportamiento, factores técnicos y climáticos.

#### **3.4.2. SELECCIÓN DE MUESTRA.**

El estudio de investigación es de tipo comparativo, la selección de la muestra es de tipo no probabilístico, es decir la elección de las edificaciones se ha realizado de acuerdo a las características que posee la investigación.

Las dos Instituciones Educativas seleccionadas tienen que coincidir en: (i) periodo de ejecución (para conocer el tipo de gestión que se utiliza en ese periodo), y (ii) ubicación (para delimitar el área de estudio); estos dos elementos son importantes para realizar el estudio de investigación.

### **3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

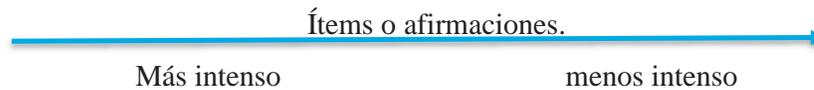
Para continuar con la recolección de datos se debe revisar las variables independientes (Costo, Comportamiento estructural).

La recolección de datos para esta investigación es de tipo cualitativo y cuantitativo, de acuerdo a la técnica utilizada.

La técnica de Monitoreo y Control tiene variables de tipo cualitativo como Seguridad y Calidad, puesto que, no utiliza fórmulas para hacer comparaciones del proyecto; mientras

que el Costo, Rendimiento y Comportamiento estructural requiere de datos de tipo cuantitativo para resolver formulas.

La técnica que también se utilizó en la investigación, es la técnica de Cornell, esta técnica consiste en categorizar de lo más intenso a lo menos intenso, como se muestra en el grafico; mediante este método se obtiene datos para luego ser analizados.



Los promedios o sumas serán presentados como informaciones en forma de figuras, gráficos, cuadros y resúmenes.

### 3.5.1. MONITOREO Y CONTROL DEL PROYECTO.

#### *Identificación de elementos estructurales de cada edificación:*

Esta técnica se utiliza para recolectar información de tipo cualitativo, consiste en la recolección de acciones correctas y acciones incorrectas de encofrados, durante la aplicación de las herramientas. La técnica de monitoreo ayudara a conocer el buen encofrado de la obra, todo ello para tomar acciones preventivas que no ocasionen un mal encofrado, que impidan el avance del proyecto con normalidad.

#### *Recolección de datos:*

Para comenzar con la recolección de datos, se tiene que planificar correctamente con las actividades de los trabajos que se va realizar.

*Gráfico N° 6: Recolección de Datos.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.5.2. RECOLECCIÓN DE COSTOS.

Esta técnica es de tipo cuantitativo, y es necesaria para calcular el Costo y Rendimiento.

*Gráfico N° 7: Recolección de Costos.*



*Fuente: Elaboración propia.*

La recolección de datos se realizó de la siguiente manera: (i) los datos se obtuvieron mensualmente, (ii) el monto de Mano de obra fue recolectada del expediente técnico aprobado y (iii) en cuanto al monto real de los materiales, herramientas y equipos, también fue obtenida del expediente técnico, solo con respecto a la partida de encofrados.

**Costo Presupuestado:** Los datos del costo presupuestado, son los obtenidos del presupuesto programado al inicio del proyecto.

**Costo Presupuestado Realizado:** Los datos son obtenidos de los presupuestos realizados en obra al tiempo actual del avance del proyecto.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

#### 4.1. RECURSOS PARA EL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

De acuerdo a la forma como se desarrolló la investigación, se obtuvieron datos al inicio, medio día y al final del día, para realizar la implementación de las mejoras en los procesos constructivos (encofrados de Madera y Metálico), por tal, el análisis también se realizó en diferentes etapas.

Mediante el procesamiento de la información obtenida en campo se llegó a analizar las siguientes sub partidas que componen la partida de encofrados:

##### 4.1.1. MANO DE OBRA.

Se define mano de obra, al esfuerzo físico y mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien o actividad y tiene un respectivo costo.

En cuanto a mano de obra de los sistemas de encofrados, se tiene una gran diferencia. Los encofrados de madera se observaron que requiere un buen nivel de capacitación y entrenamiento esto debido principalmente a que la cuadrilla (Operario Oficial y peón) serán ellos mismos los encargados de preparar sus formas (formaletas) de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto pudiendo ser losa, columna o viga.

Para los encofrados de madera es necesario el empleo de mano de obra especializada, ya que necesita carpinteros expertos, para el momento que en obra fuese necesario la reparación o construcción de uno nuevo, debido a su desgaste o ajustar a las dimensiones del proyecto. (Alvarado, 2016).

Los encofrados metálicos requieren de una mano de obra sencilla no especializada, por tanto, puede ser realizada por cualquier obrero con previo entrenamiento por ser una actividad repetitiva de ensamblaje de las piezas.

En el encofrado metálico la cuadrilla (Oficial y Peón) solo se limitan a buscar las formas con las dimensiones específicas del proyecto puede ser losa, columna o viga y el trabajo se reduce a un simple ensamblado de piezas y según nuestras observaciones se tiene lo siguiente:

**Tabla 9: Comparación de Mano de Obra.**

MANO DE OBRA	Capacitación en Encofrado de Madera				Capacitación en Encofrado Metálico			
	Alta	Media	Baja	Justificación	Alta	Media	Baja	Justificación
Mano de obra calificada	X			Maestro y oficial carpintero		X		Oficial carpintero y Peón
Necesidad de entrenamiento	X			Preparación, armado de formaletas y asegurado de elemento.		X		para el ensamblaje y aplomado del elemento estructural
N° de personas necesarias.		X		3		X		2

*Fuente: Observación propia en campo.*

#### 4.1.2. HERRAMIENTAS.

Con respecto a este punto detallaremos las herramientas que fueron necesarios para realizar los trabajos de encofrado; con el uso del encofrado de madera es necesario una serie de herramientas y equipos menores, que resultan de gran importancia para lograr buenos acabados en el elemento estructural, y con el encofrado metálico solo se requiere de herramientas manuales para montaje y de fijación para mantenerlo estable y rígido para el momento del vaciado.

**Tabla 10: Herramientas necesarios para los encofrados.**

Recursos Necesarios	Encofrado de Madera	Encofrado Metálico
Equipos y Maquinarias portátiles	1.- Lápiz de carpintero	1.- Martillo
	2.- Sierra circula eléctrico portátil	2.- Tubo manual
	3.- Cepillo de mano o eléctrico	3.- Martillo extractor
	4.- Cizalla de mano	4.- Espátula
	5.- Nivel de mano.	5.- Brocha
	6.- Escuadra metálica	6.- Flexometro de 5m.
	7.- Martillo, Comba.	
	8.- Plomada de centro	
	9.- Barretilla o diablo	
	10.- Flexo metro ( de 5 metros)	
	11.- Cordel.	
	12.- Tiralineas.	
	13.- Broca de 3/8"	
	14.- Manguera	
	14.- Martillo de uña	
15.- Taladro eléctrico portátil		
Almacenamiento	1.- Petróleo	1.- Barniz anticorrosivo

*Fuente: Observación propia en campo.*

## 4.2. ANÁLISIS DE ENCOFRADO METÁLICO Y MADERA EN EL LABORATORIO.

Se realizó la construcción de una columna de 0,40 m x 0,25 m x 2,40 m de altura en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil – UNSAAC, se realizó esta construcción para analizar el Costo, Comportamiento estructural y rendimiento de una manera muy estricta.

### 4.2.1. PROCEDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.

**1ro.** La madera comprada no viene con las dimensiones y escuadrías requeridas por lo que se requiere de las siguientes operaciones para el habilitado: Medir, marcar y realizar los cortes necesarios a mano o con equipo. El corte manual y clavar según dimensiones del elemento estructural a encofrar y seguidamente a aplicar un desmoldante industrial que no afecte la calidad ni la durabilidad del concreto.

*Figura N° 32: Habilidad de formas para el encofrado.*



**2do.** Replantear secciones, preparar y colocar los dados o separadores en la base de la armadura de la columna con alambre negro recosido, que tiene la función de recubrimiento entre el fierro y encofrado de madera como se muestra en la siguiente figura.

*Figura N° 33: Solado y Recubrimiento.*



**3ro.** Se asegura la escuadra de replanteo con clavos de concreto y tablas en la base de la columna para asegurar los tableros laterales del encofrado y limpiar la base o unión, donde va nacer la columna. Revisar siempre las medidas en el plano arquitectónico y estructural para no vaciar una columna de mayor o menor dimensión a la especificada.

*Figura N° 34: Replanteo para el encofrado.*



**4to** Revisar y limpiar la superficie donde empezara la columna, y este presente una buena rugosidad para garantizar la adherencia del concreto viejo con el concreto nuevo.

*Figura N° 35: Corrugación para la adherencia del concreto.*



**5to.** Asegurar bien 2 de las 4 caras de los tableros laterales del encofrado y luego revisar los dados y espaciamientos respecto al acero y los tableros.

Se deberá comprobar con la plomada o nivel de mano la verticalidad y así garantizar la correcta ubicación de la columna.

Cerrar la columna con el 4to tablero y asegurar con clavos galvanizados.

Al terminar el encofrado se debe verificar de manera estricta la verticalidad por medio del aplomo, no se puede iniciar el vaciado si no está correctamente aplomado.

El apuntalamiento es fundamental para mantener la verticalidad y esta debe un ángulo de inclinación de 45° como máximo de lo contrario corre el riesgo de que se levante todo el encofrado.

*Figura N° 36: Encofrado de la columna.*



**6to.** Los barrotes deberán ser asegurados con alambres galvanizados #8. Se debe considerar dejar que, en la parte inferior, una ventana de inspección y así garantizar que el concreto llegue en tu totalidad a la base de la columna.

*Figura N° 37: Tensado de barrotes.*



**7mo.** Antes de realizar el vaciado se deberá humedecer la superficie rugosa para obtener buena adherencia con el concreto. Para producir rugosidad se deberá utilizar comba y cincel o un aditivo de adherencia entre el concreto nuevo y concreto antiguo con la finalidad de obtener una estructura monolítica.

*Figura N° 38: Limpieza y uso de aditivo.*



**8vo.** Durante el vaciado de la columna se deberá compactar internamente con el vibrador y por el exterior mediante golpes con un martillo de goma. Se debe vaciar de manera constante y nunca dejar a medio vaciado. La temperatura del concreto fue de 23°C.

*Figura N° 39: Compactado del concreto.*



**9no.** Desencofrado: Las columnas se podrán desencofrar por lo menos después de 12 horas de su vaciado, en este caso se desencofro después de 20 horas

Se deberán retirar los puntales cuidando, que no se genere tenciones adicionales a la columna; se desatarán todos los alambres de los barrotes de arriba hacia abajo considerando de la última tabla del encofrado.

El curado se hará por lo menos 7 días y 3 veces al día, luego recubrir con lámina de plástico de embalaje para que el concreto alcance toda su resistencia y evitar la pérdida de humedad, mientras que mayor sea la cantidad de agua retenida dentro del concreto mayor será la eficiencia del curado y aumentara la durabilidad de las columnas.

**Figura N° 40: Desencofrado.**



#### 4.2.2. PROCEDIMIENTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.

**1ro.** En el encofrado metálico no se considera el habilitado ya que las formas se alquilan o compra con dimensión estándar según necesidad de cada proyecto. Los paneles deben limpiarse antes de usar, a la vez se debe pasar un desmoldante a la cara de contacto con el concreto para evitar adherencia entre el concreto y encofrado. En nuestro caso se aplicó petróleo.

**Figura N° 41: Paneles para el encofrado.**



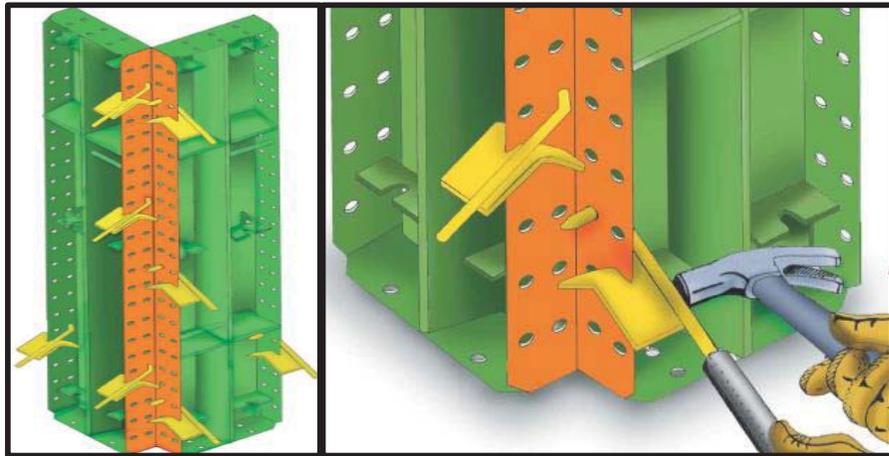
**2ro.** El ensamblado entre las formaletas y esquinero externo se realiza por medio de las chapetas o grapas; el esquinero externo es el que sirve para unir los vértices externos de la formaleta.

**Figura N° 42: Encofrado de la columna.**



**3ro.** Utilizando el tubo manual y el martillo se ajusta la chapeta o grapa entre el ángulo y las dos formaletas, de esta manera se tiene la esquina de la columna y así sucesivamente hasta completar las cuatro esquinas.

*Figura N° 43: Ajuste del ángulo.*



**4to.** Se tiene que asegurar bien los barrotes con barrillas roscadas. Se coloca los parales telescópicos (puntales aplomadores) según la dimensión de la columna, en este caso se puso dos puntales a la cara de mayor dimensión y al menor se puso un solo puntal, el ángulo de inclinación de los parales telescópicos debe ser menor a 45°.

*Figura N° 44: Ajuste de los barrotes.*



**5to.** Se realizó el vaciado con todo el procedimiento técnico, al mismo tiempo se controló la temperatura de concreto, presión generada por el concreto y la deformación que estas causan en las formaletas, para esto se utilizó un termopar y realizar la medición de la temperatura. El reloj comparador se utilizó para medir la deformación lateral de las formaletas.

**Figura N° 45: Vaciado del Concreto.**



**6to** Desencofrado: primero se retiran los puntales, luego los barrotes, angulares externos para finalmente retirar las formaletas metálicas.

**Figura N° 46: Verificando el procedimiento constructivo.**



#### 4.2.3. NUMERO DE USOS DEL ENCOFRADO METÁLICO, EN CUSCO.

El número de usos del encofrado metálico, utilizados en la ciudad del cusco, en algunas obras ejecutas, se tiene lo siguiente:

**Tabla 11: Entrevistas para ver el N° de Usos del encofrado.**

Item	Dirección de Obras ejecutadas	Empresa	Sistema de encofrado	Numero de Usos	Observación
1	Av. Huayruropata 1 600	Inmobiliaria "AR"	EFCO	125	Dato obtenido de entrevista
2	Av. Velasco Astete D-7	Inmobiliaria "ESPACIO"	UNISPAN	168	Dato obtenido de entrevista
3	Psj. Ayacucho R2-14	Inmobiliaria "ARQUIANDEM"	FORZA	140	Dato obtenido de entrevista
4	Jr. Acomayo C-21-20	Inmobiliaria "EL EDEM"	EFCO	210	Entrevista a operarios
5	Av. Velasco Astete F-8	ARCONGER SRL.	EFCO	150	Entrevista a Gerente
6	Urb. Larapa Grande C-8	FREAK Constructores y Consultores	EFCO	140	Entrevista a Gerente de Operaciones.
7	UAC Collana San Jerónimo	PUMA Asociados SCRL.	EFCO	160	Entrevista a proveedor de encofrado
8	Calle Tomas Katari, Cusco	Encofrados y Puntales Cusco	FORZA	135	Entrevista a propietario
<b>PROMEDIO DE NUMERO USOS:</b>				<b>153,5</b>	

*Fuente: Elaboración propia.*

En la tabla se tiene el número de usos que se le puede dar a los encofrados metálicos con respecto a las especificaciones técnicas que ofrecen algunos fabricantes, y se asumió un numero de usos de 150 para paneles y varilla roscada de 200 usos.

**Figura N° 47: Fotografías de panel metálico.**

	
<p>Paneles metálicos, que tienen 83 usos, según la empresa “Encofrados y Puntales – Cusco” llegara a 135 usos aproximadamente.</p>	<p>Varilla roscada de 5/8, que tienen 83 usos, según la empresa “Encofrados y Puntales – Cusco” llegara a 200 usos aprox. Por su menor deterioro.</p>

*Fuente: Observación propia en campo.*

#### 4.2.4. APORTE UNITARIO DE MATERIALES, RENDIMIENTO, TIEMPO Y COSTO.

Se analizó dos columnas construida en el laboratorio de suelos a escala real con las siguientes características:

- ✓ Área de sección de 0,40 m. x 0,25 m.
- ✓ Altura neta de columna = 2,40 m.

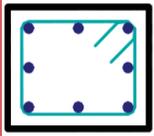
El objetivo de este trabajo de laboratorio fue analizar de manera más estricta el Aporte Unitarios de Materiales, rendimientos y con estos datos su respectivo Análisis de Precios Unitarios.

Verificar el uso de los diferentes materiales en un elemento estructural similar, la cantidad de desperdicio que se genera con el uso de cada tipo de encofrado y así poder determinar de manera más precisa las ventajas y desventajas de cada tipo del sistema de encofrados.

#### A.- Cálculo de Materiales, Costo y Rendimiento del Encofrado de Madera.

**Cantidad de Materiales.** - Los cálculos de la cantidad de materiales, se realizaron teniendo todas las cantidades de madera, rollizo, alambre y clavos; para el encofrado de la columna se realizó de la siguiente manera:

**Tabla 12:** Cantidad de Material con Encofrado de Madera, en el laboratorio.

CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA										
<b>Partida:</b> Encofrado de columna				<b>Ubicacion :</b>			Laboratorio de la Unsaac			
<b>Detalle de columna</b>				<b>Dimensión de la Columna</b>						
				<b>Componente</b>	<b>longitud</b>	<b>P/Anch</b>	<b>Area</b>	<b>Unid.</b>		
				Tablero lateral	2,40	0,4	0,96	m <sup>2</sup> .		
				Tablero fondo	2,40	0,25	0,60	m <sup>2</sup> .		
				Costillar lateral	2,40	0,40	0,96	m <sup>2</sup> .		
				Costillar fondo	2,40	0,25	0,60	m <sup>2</sup> .		
							U.M. =	3,12	m <sup>2</sup> .	
<b>1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO.</b>										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10%	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	2,40	7,87	4	39,37	43,31	4	10,83	3,47
Tablones	10	1,5	2,40	7,87	2	19,69	21,65	4	5,41	1,74
Barrotes	3	2	0,75	2,46	8	9,84	10,83	7	1,55	0,50
Barrotes	3	2	0,60	1,97	8	7,87	8,66	7	1,24	0,40
Puntales	3	2	3,04	9,97	6	29,92	32,91	7	4,70	1,51
<b>Total de madera en pie tablar =</b>										<b>7,60</b>
<b>2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE.</b>										
Descripción	Unidad	Rendimien to (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Desmoldante para madera	Gln.	20	0,16	0,17	1	0,17	<b>0,06</b>			
<b>3.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO.</b>										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad	Desperdicio Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Rollizo de Ø4" x 12'.			2		2,10	9	0,23	<b>0,07</b>		
<b>4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVO PARA UN M<sup>2</sup></b>										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres (Kg)	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,5		14	2,30	2,65	1	2,65	0,85		
Alambre # 8	1,4		14	2,15	2,47	1	2,47	0,79		
<b>Total Kg de alambre # 8 para un m2 =</b>								<b>1,64</b>		
Clavo de 3"			68	0,38	0,43	2	0,22	0,07		
Clavo de 4"			16	0,17	0,20	2	0,10	0,03		
<b>Total Kg de clavo para un m2 =</b>								<b>0,10</b>		

Fuente: Elaboración propia

✓ La cantidad de desmoldante, se obtiene de la siguiente manera:

Un galón de desmoldante rinde 20 m2, por lo tanto, la cantidad (0,17 Gln) que se utilizara en la madera es para un área total a encofrar (3,12m2), obtenido por regla de tres simples.

✓ La cantidad de alambre y clavo, se obtiene de la siguiente manera:

Se sabe que un kilo de alambre negro N°8 tiene una longitud de 9,12ml, para este encofrado se necesitó 14 unidades de una longitud de 1,5 ml por tanto la longitud total requerida es de 21 ml por regla de tres simples se obtiene 2,30 kg de alambre.

Se utilizará 68 clavos de 3” para el encofrado, esto se divide entre 180 clavos que viene a ser un kilo y como resultado se obtiene 0,38 kg de clavo. Se muestra los diferentes tipos de clavos: En un kilo de clavo de 3” contiene 180 clavos y el de 4” contiene 94 clavos.

La cantidad de madera que se utilizo fue de 7,60 pie tablar para un metro cuadrado de la columna, en un área de 3,12 m2, en total se utilizara 23,71 pie tablar de madera, esto considerando 4 usos para tablonos y 7 usos para puntales.

**Rendimiento.** - El rendimiento del habilitado es de 15,28 m<sup>2</sup> por día, se considera que este habilitado de las maderas se le dará cuatro usos, la fórmula utilizada es la que se dio a conocer en el capítulo II (rendimiento).

La jornada de trabajo es de 8 horas y se tiene un área 3,12 m2 y el tiempo a encofrar fue 2,05 horas por lo tanto el rendimiento es:

$$\text{Rendimiento} = 8h * 3,12m^2 / 2,05 h = 12,18 m^2/día.$$

$$\text{Horas hombre} = 8h * 1operario / 12,18m^2/día = 0,657 hh operario/m^2.$$

El rendimiento del encofrado obtenido es de 12,18 m<sup>2</sup> por día, esto principalmente debido a que los tablonos comprados no son a medida y es necesario realizar diversos cortes según se observa en el procedimiento de encofrado, para adecuar a las formaletas requeridas y lograr la geometría establecida del elemento estructural.

**Tabla 13:** Rendimiento del Encofrado de Madera, en el laboratorio.

CALCULO DE RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE UNA COLUMNA									
JORNADA	8	UNID:	H/D						
Encofrado de columna	Área (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	CUADRILLA				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Habilitado.	3,12	98	1,63	15,28		1	1	0	4
Horas hombre					0,000	0,131	0,131	0,000	
Encofrado.		123	2,05	12,18		1	1	0	1
Horas hombre					0,000	0,657	0,657	0,000	
Desencofrado.		47	0,78	31,86		1	1		1
Horas hombre					0,000	0,251	0,251	0,000	
<b>Total Horas Hombre =</b>					<b>0,000</b>	<b>1,039</b>	<b>1,039</b>	<b>0,000</b>	

*Fuente:* Elaboración propia.

**Análisis de Costo Unitario.** - El costo directo unitario es de 45,07 Nuevos Soles por metro cuadrado, del encofrado de la columna que se realizó en el laboratorio.

Se analiza minuciosamente todas las sub partidas que intervienen y los costos de cada componente son precio de mercado al momento de realizar el trabajo, en el laboratorio.

**Tabla 14:** Análisis de Costos del Encofrado de Madera, en el laboratorio.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS							
PARTIDA: Encofrado de columna			UBICACIÓN: Laboratorio de la Unsaac				
JORNADA	8		COSTO UNITARIO	S/. 45,07	TOTAL %	100,00%	
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind.Unif.
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	7,605	S/. 2,20	S/. 16,73		37,12%	
Rollizo de Ø4" x 12'	Unid.	0,075	S/. 7,50	S/. 0,56		1,24%	
Alambre N° 8	kg.	1,641	S/. 3,60	S/. 5,91		13,11%	
Clavo de 3"	kg.	0,101	S/. 3,70	S/. 0,37		0,83%	
Desmoldante para madera	Gln.	0,055	S/. 13,80	S/. 0,76		1,68%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 24,33</b>	<b>53,98%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind.Unif.
Operario	hh	1,039	S/. 10,63	S/. 11,04		24,51%	
Oficial	hh	1,039	S/. 8,75	S/. 9,09		20,17%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 20,14</b>	<b>44,68%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind.Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 20,14	S/. 0,60		1,34%	
<b>Total de Equipo =</b>					<b>S/. 0,60</b>	<b>1,34%</b>	
TOTAL MATERIAL:					S/. 24,33		
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 20,14		
TOTAL EQUIPO:					S/. 0,60		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 45,07</b>		

Fuente: elaboración propia.

**b.- Cálculo de Materiales, Costo y Rendimiento del Encofrado Metálico.**

**Cantidad de Materiales.** - El cálculo de aporte unitario de materiales considerando todas las piezas que conformaran el encofrado.

**Tabla 15:** Cantidad de formaleta del encofrado Metálico, en el laboratorio.

CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA						
Partida: Encofrado de columna.			Ubicación: Laboratorio			
Detalle de columna			Dimensión de la Columna			
			Tablero Lateral =	0,40	m	
			Tablero de Fondo =	0,25	m	
			Costillar Lateral =	0,40	m	
			Costillar de Fondo =	0,25	m	
			Altura =	2,40	m	
			UM =	3,12	m <sup>2</sup>	
<b>1.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO</b>						
Descripción	Cantidad de elementos (A)	Desperdicios por pérdidas de piezas $A \times (1 + \%) = B$	N° usos (C)	Depreciación $(B/C) = D$	Para un m <sup>2</sup> . $(D/UM)$	
Panel 2,40m x 0,40 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,004
Panel 2,40m x 0,25 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,004
Esquinero externo 2,40 m.	4	0,00%	4,00	150	0,027	0,009
Grapas	48	0,83%	48,40	250	0,194	0,062
Puntal telescópico 3,0 m a 3,8 m.	4	0,00%	4,00	200	0,020	0,006
Tuerca copa	16	0,41%	16,07	200	0,080	0,026

Tabla 15: Cantidad de formaleta del encofrado Metálico, en el laboratorio

2.- ELEMENTOS PARA EL ASEGURADO (UNID.)								
Descripción	longitud (m) (A)	Longitud (m) (B)	Cantidad (C)	Desperdicios por pérdidas de piezas $(A/B) \times C \times (1+\%) = D$		N° usos (E)	Depreciación (D/E) = F	Para un m <sup>2</sup> . (F/UM)
Barra metálica 4" x 2" x 0,60 m	0,60	6	6	0,00%	0,60	200	0,003	0,001
Barra metálica 4" x 2" x 1,00 m	0,75	6	6	0,00%	0,75	200	0,004	0,001
Varilla roscada 5/8" x 0,60 m.	0,60	3	6	0,28%	1,20	200	0,006	0,002
Varilla roscada 5/8" x 1,00 m.	0,75	3	6	0,28%	1,50	200	0,008	0,002
Acero corrugado de 1/2"	0,60	9	8	0,28%	0,53	200	0,003	0,001
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)								
Descripción	Presentación	Rendimiento (m <sup>2</sup> .)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.	
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Gln.	45	0,07	0,08	1	0,08	0,02	
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (UNID.)								
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad (Unid.)	Desperdicio Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.
	M. L.	Pies						
Rollizo de Ø4" x 3,00 m			2		2,10	9	0,23	0,07
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVO PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)								
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	M. L.	Pies						
Alambre # 8	0,5		8	0,44	0,50	1	0,50	0,16
Total Kg de alambre # 8 para un m <sup>2</sup> =								0,16
Clavo de 4"			12	0,13	0,15	2	0,07	0,02
Total Kg de clavo para un m <sup>2</sup> =								0,02

Fuente: Elaboración propia.

**Rendimiento.** - Al trabajar con el encofrado metálico no existe la sub partida de habilitado puesto que se tiene formaletas metálicas preparadas y el trabajo se reduce a elegir la formaleta adecuada para el trabajo, así mismo se observa que el rendimiento del encofrado es de 25,82 m<sup>2</sup> por día y el desencofrado de 32,56 m<sup>2</sup> por día, esto solo con una cuadrilla conformada por un oficial y un peón no interviene el operario porque el trabajo se reduce a un simple montaje de piezas.

Tabla 16: Rendimiento del Encofrado Metálico, en el laboratorio.

CALCULO DE RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE UNA COLUMNA									
JORNADA	8	UNID:	H/D						
Encofrado de columna.	Área (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	CUADRILLA				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Encofrado.	3,12	58	0,97	25,82			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,310	0,310	
Desencofrado.		46	0,77	32,56			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,246	0,246	
Total Horas Hombre =					0,000	0,000	0,556	0,556	

Fuente: Elaboración propia.

**Análisis de Precio Unitario.** - En el análisis de precios unitarios se considera todos los elementos que intervienen según el aporte unitario de materiales. A pesar de contar con una gran cantidad de componentes resulta más económico que con el encofrado de madera.

El costo unitario por m<sup>2</sup> de encofrado es de 15,74 Nuevos Soles.

**Tabla 17: Análisis de Costos con Encofrado Metálico, en el laboratorio.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS								
PARTIDA: Encofrado de columna.				UBICACIÓN:		Laboratorio		
JORNADA	8	UNID:	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 15,74	TOTAL %	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Panel 2,40m x 0,40 m.	Unid.	0,004	S/. 307,82	S/. 1,32			8,36%	
Panel 2,40m x 0,25 m.	Unid.	0,004	S/. 193,33	S/. 0,83			5,25%	
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	0,009	S/. 60,00	S/. 0,51			3,26%	
Grapas	Unid.	0,062	S/. 6,54	S/. 0,41			2,58%	
Puntal telescópico 3,0 m a 3,8 m.	Unid.	0,006	S/. 175,00	S/. 1,12			7,13%	
Tuerca copa	Unid.	0,026	S/. 5,00	S/. 0,13			0,82%	
Barra metálica 4" x 2" x 0,60 m.	Unid.	0,001	S/. 120,00	S/. 0,12			0,73%	
Barra metálica 4" x 2" x 1,00 m.	Unid.	0,001	S/. 120,00	S/. 0,14			0,92%	
Varilla roscada 5/8" x 0,60 m.	Unid.	0,002	S/. 20,00	S/. 0,04			0,25%	
Varilla roscada 5/8" x 1,00 m.	Unid.	0,002	S/. 20,00	S/. 0,05			0,31%	
Acero corrugado de 1/2"	Unid.	0,001	S/. 25,00	S/. 0,02			0,14%	
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Unid.	0,024	S/. 13,80	S/. 0,34			2,14%	
Rollizo de Ø4" x 3,00 m	Unid.	0,075	S/. 8,00	S/. 0,60			3,80%	
Alambre # 8	kg.	0,162	S/. 4,50	S/. 0,73			4,62%	
Clavo de 4"	kg.	0,024	S/. 4,20	S/. 0,10			0,63%	
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 6,44</b>	<b>40,92%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	H - H	Precio.	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Oficial	hh	0,556	S/. 8,75	S/. 4,86			30,89%	
Peon	hh	0,556	S/. 7,50	S/. 4,17			26,47%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 9,03</b>	<b>57,36%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	N°	H - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 9,03	S/. 0,27			1,72%	
<b>Total de Equipo =</b>						<b>S/. 0,27</b>	<b>1,72%</b>	
<b>TOTAL MATERIAL:</b>					<b>S/. 6,44</b>			
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>					<b>S/. 9,03</b>			
<b>TOTAL EQUIPO:</b>					<b>S/. 0,27</b>			
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 15,74</b>			

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL - LABORATORIO.

Para analizar el comportamiento estructural, se tiene que determinar la presión lateral que ejerce el concreto sobre los encofrados. Los factores que afectan al valor de la presión desarrollada por el concreto, y entre ellos son los siguientes:

##### *Velocidad de Llenado del Concreto:*

Para la velocidad de llenado, se tiene que la altura de la columna es de H=2,40 m

El tiempo de llenado fue de T= ½ hora.

Por lo tanto, la velocidad de llenado es:  $R = H/T = 2,40 \text{ m}/0,5 \text{ hr} = 4,80 \text{ m/hr.}$

***Temperatura del concreto:***

La temperatura del concreto fue de 23 °C.

***La presión máxima:***

La presión máxima será:  $Pm = 7,2 + \frac{[(785)(R)]}{17,8+T}$

$$Pm = 7,2 + (785*4,80) / (17,8+23) = 99,55 \text{ KPa} = 1,02 \text{ kg/cm}^2.$$

Es la presión máxima obtenida en la base del elemento estructural, se compara con lo que recomienda A.C.I. que establece su presión máxima de 14 650kg/m<sup>2</sup>, puesto que el concreto empieza a madurar y deja de ejercer presión en la cara efectiva de contacto del encofrado.

***Dosificación del concreto:***

La dosificación del concreto tiene una influencia directa sobre la presión que el concreto ejerce sobre los encofrados así, por ejemplo, el concreto de alta dosificación y resistencia fraguan a mayor velocidad los que poseen una dosificación más pobre en cemento.

## **AGREGADOS PARA EL DISEÑO DE CONCRETO.**

El agregado utilizado fue de Hatun Rumiyoq ubicado en Huambutio, es un agregado que se obtiene de la desintegración de canto rodado, el material fino como el material grueso. Se realiza el análisis granulométrico de acuerdo a los requisitos de calidad del reglamento nacional de edificaciones E-060 de concreto armado y las normas técnicas vigentes INDECOPI y ASTM.

### **1. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.**

La muestra representativa para el análisis granulométrico se obtuvo por cuarteo hasta obtener la cantidad requerida de 0,5 kg, y seguidamente se procedió al tamizado, en los tamices normalizados.

En la siguiente tabla se muestra la Granulometría y cálculos de los porcentajes retenidos, acumulados y que pasan por las mallas correspondientes.

**Tabla 18: Granulometría de Agregado Fino.**

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO				
	ABERTURA (mm)	Peso retenido en cada malla (gr)	Porcentaje retenido en cada malla (%)	Retenido acumulado por cada malla (%)	Acumulado en cada malla (%)
3/8"	0,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/4"	6,350	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,760	15,40	3,08	3,08	96,92
N° 8	2,380	74,70	14,94	18,02	81,98
N°16	1,190	98,60	19,72	37,74	62,26
N° 30	0,590	104,40	20,88	58,62	41,38
N° 50	0,297	105,40	21,08	79,70	20,30
N° 100	0,149	60,50	12,10	91,80	8,20
N° 200	0,074	41,00	8,20	100,00	0,00
<b>Total</b>		<b>500,00</b>	<b>100,00</b>	<b>Modulo de finura</b>	<b>2,89</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

En resumen, se tiene el siguiente:

Modulo de finura = 2,89

Tamaño Maximo = 1/4"

Tamaño Maximo Nominal = N° 4.

*Módulo de Finura:*

Es el tamaño promedio de las partículas y debe encontrarse en el siguiente rango:

$2,3 < M.F. < 3,0$

$$M.F. = \frac{\sum \%Ret. Acum. [3, 11/2, 3/4, 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100]}{100}$$

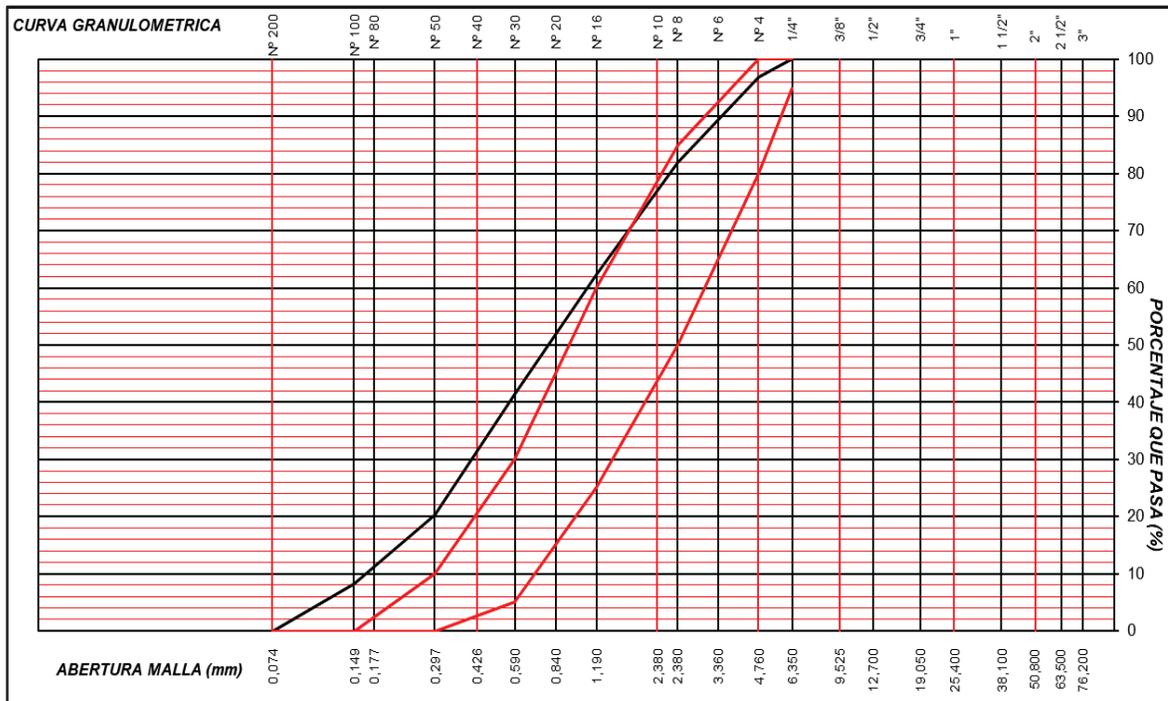
*Tamaño Máximo:*

Es el que corresponde al menor tamiz por la que pasa toda la muestra.

*Tamaño Máximo Nominal:*

Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%.

**Gráfico N° 8: Curva Granulométrica del agregado fino, que indica la Norma.**



Límites de la curva granulométrica N.T.P. 400.037 y ASTM C-33, es de uso cuando el tamaño máximo nominal es de N° 4.

## 2. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

La muestra representativa para el análisis granulométrico se obtuvo por cuarteo hasta obtener la cantidad requerida de 0,5 kg como mínimo para un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4" y seguidamente se procedió al tamizado, en los tamices normalizados.

**Gráfico N° 9: Análisis granulométrico del agregado grueso.**

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO				
	ABERTURA (mm)	Peso retenido en cada malla (gr)	Porcentaje retenido en cada malla (%)	Retenido acumulado por cada malla (%)	Acumulado en cada malla (%)
3"	76,200	0,00	0,00	0,000	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,000	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,000	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,000	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,000	100,00
3/4"	19,050	10,80	0,22	0,216	99,78
1/2"	12,700	1593,40	31,87	32,084	67,92
3/8"	9,525	1637,30	32,75	64,830	35,17
1/4"	6,350	1383,80	27,68	92,51	7,49
N° 4	4,760	374,70	7,49	72,324	0,00
<b>Total</b>		<b>5000,00</b>	<b>100,00</b>	<b>Modulo de finura</b>	<b>6,65</b>

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, se tiene el siguiente:

Módulo de Finura = 6,65 y Tamaño Máximo = 1"

Tamaño Máximo Nominal = 3/4"

*Módulo de Finura:*

Es el tamaño promedio de las partículas y debe encontrarse en el siguiente rango:

$2,3 < M.F. < 3,0$ .

$$M.F. = \frac{\sum \%Ret. Acum. [3, 11/2, 3/4, 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100]}{100}$$

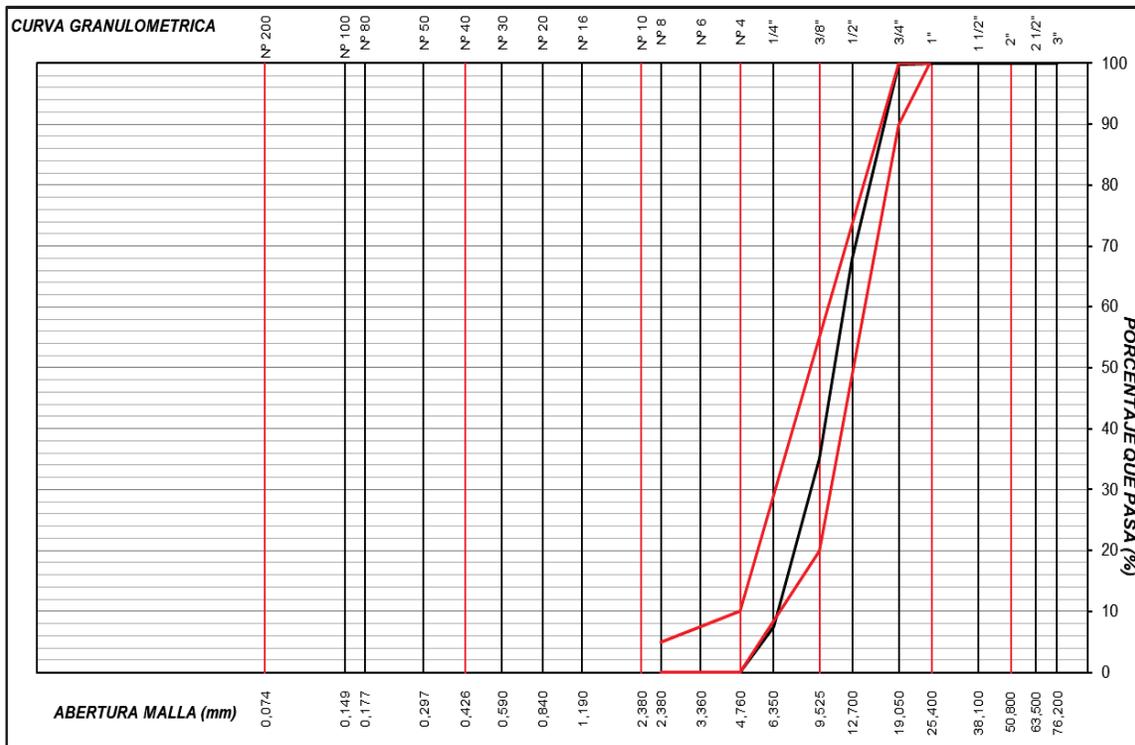
*Tamaño Máximo:*

Es el que corresponde al menor tamiz porque, pasa toda la muestra.

*Tamaño Máximo Nominal:*

Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido, entre 5% y 10%.

**Grafico N° 10: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.**



Límites de la curva granulométrica N.T.P. 400.037 y ASTM 67 el cual es de uso cuando el tamaño máximo nominal es de 3/4".

En Conclusión, del análisis granulométrico, se observa que el agregado fino no ingresa dentro de la curva granulométrica para el uso establecido, por consiguiente, se puede tantear con un módulo de fineza de agregado global (mfag) los cuales son recomendados.

Tipo de maquina:

- ✓ Mezcladora = Mfag = 5,4 – 5,6.
- ✓ Mixer = Mfag = 5,2 – 5,4
- ✓ Bombeo = Mfag = 5,0 – 5,1

Se tanteo para módulos de finura que van de 5,4 a 5,6 para ver, si en los porcentajes obtenidos el módulo de finura del agregado global (mfag) ingresa dentro de la curva granulométrica.

- ✓ mfag = 5,00
- ✓ mfa = 2,89
- ✓ mfp = 6,65

Participación de la arena (%) A = 43,89%

Participación de la piedra (%) P = 56,11%

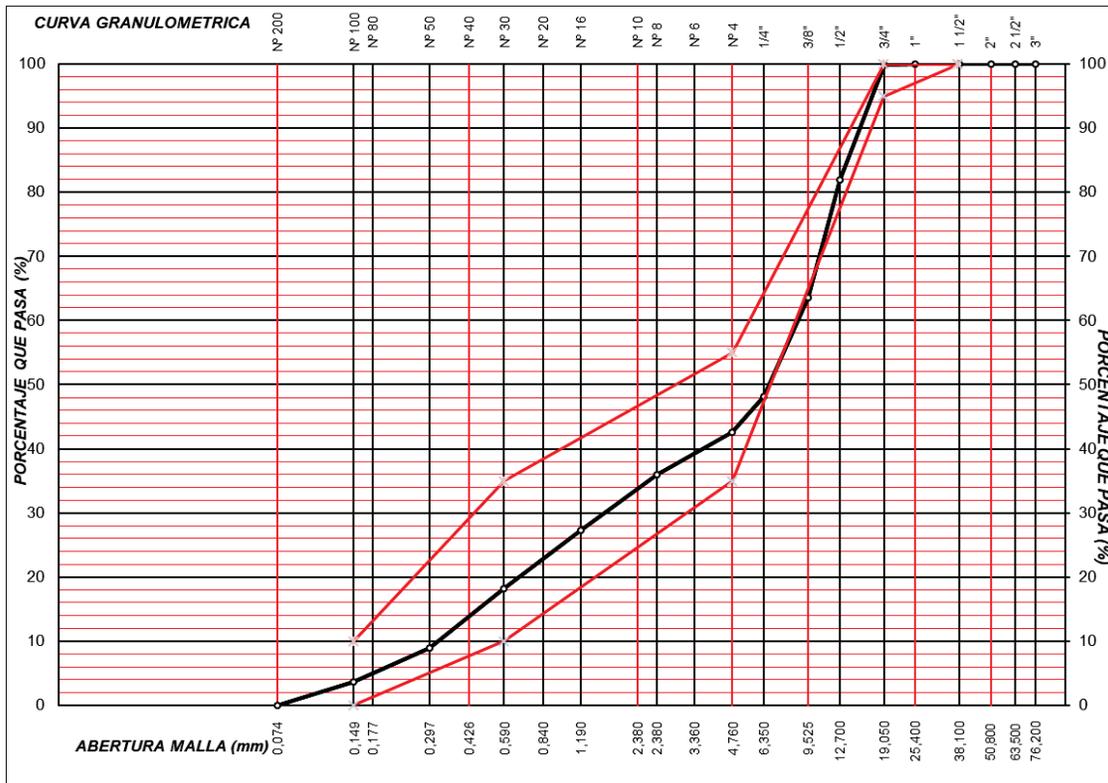
**Tabla 19:** Elaboración de agregado global con mfag = 5,00.

MALLAS SERIE AMERICAN	FORMATO DE AGREGADO GLOBAL							
	ABERTURA (mm)	Porcentaje retenido de (Gi)	Peso retenido Gi*%P	Porcentaje retenido de (Fi)	Peso retenido Fi*%P	Granulometria de agregado		
			56,11%		43,89%	% Retenido global	% retenido acumulado	% que pasa
3"	76,200	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
3/4"	19,050	0,22	0,12	0,000	0,00	0,12	0,121	99,88
1/2"	12,700	31,87	17,88	0,000	0,00	17,88	18,004	82,00
3/8"	9,525	32,75	18,38	0,000	0,00	18,38	36,379	63,62
1/4"	6,350	27,68	15,53	0,000	0,00	15,53	51,910	48,09
N° 4	4,760	7,49	4,21	3,080	1,35	5,56	57,466	42,53
N° 8	2,380	0,00	0,00	14,940	6,56	6,56	64,023	35,98
N° 16	1,190	0,00	0,00	19,720	8,65	8,65	72,677	27,32
N° 30	0,590	0,00	0,00	20,880	9,16	9,16	81,840	18,16
N° 50	0,297	0,00	0,00	21,080	9,25	9,25	91,091	8,91
N° 100	0,149	0,00	0,00	12,100	5,31	5,31	96,401	3,60
N° 200	0,074	0,00	0,00	8,200	3,60	3,60	100,000	0,00
<b>Total</b>		<b>100,00</b>	<b>56,11</b>	<b>100,00</b>	<b>43,89</b>	<b>100,00</b>	<b>Modulo de finura</b>	<b>5,00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

En resumen, se tiene: Módulo de Finura = 5,00; Tamaño Máximo = 1" y Tamaño Máximo Nominal = 3/4"

**Gráfico N° 11: Elaboración de agregado global mf. = 5,00.**



Límites para la curva granulométrica de agregado global según norma NTP 400,037 para un tamaño máximo nominal de 1 1/2".

Se observa que la curva granulométrica no ingresa en su totalidad dentro de la curva granulométrica y para obtener concretos de buena calidad logrando la máxima compacidad como resultado de una adecuada combinación de agregados, se debe hallar la participación apropiada de arena (%) y piedra (%) siguiendo una metodología que tiene como base las curvas granulométricas de Füller, Bolomey.

En general una buena granulometría de los agregados influye sobre:

- ✓ Trabajabilidad de la mezcla fresca.
- ✓ Resistencia mecánica.
- ✓ Resistencia a los agentes químicos.
- ✓ Economía.

Procedemos a tantear porcentajes de agregado hasta lograr una granulometría óptima; se realiza el cálculo de agregado global con:

Agregado grueso = 47%

Agregado fino = 53%

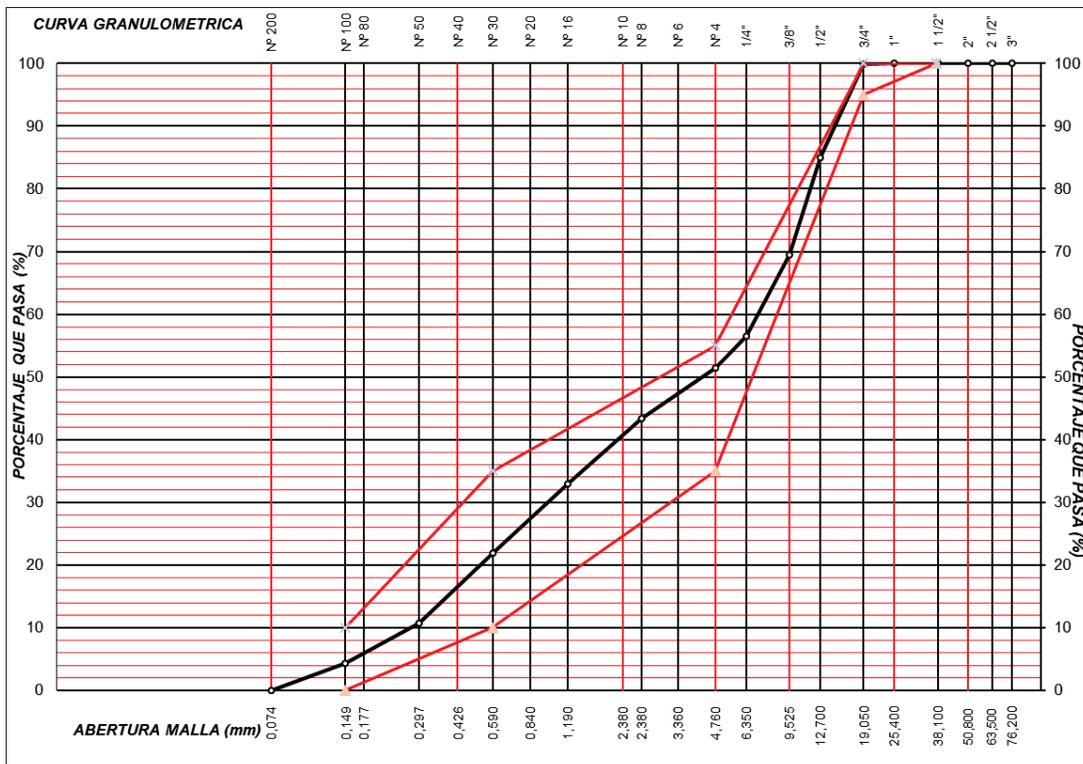
**Tabla 20: Agregado Global.**

MALLAS SERIE AMERICANA	AGREGADO GLOBAL							
	ABERTURA (mm)	Porcentaje retenido de (Gi)	Peso retenido	Porcentaje	Peso retenido	Granulometria de agregado		
			Gi*%P 47,00%	retenido de (Fi)	Fi*%P 53,00%	% Retenido global	% retenido acumulado	% que pasa
3"	76,200	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	100,00
3/4"	19,050	0,22	0,10	0,000	0,00	0,10	0,102	99,90
1/2"	12,700	31,87	14,98	0,000	0,00	14,98	15,079	84,92
3/8"	9,525	32,75	15,39	0,000	0,00	15,39	30,470	69,53
1/4"	6,350	27,68	13,01	0,000	0,00	13,01	43,478	56,52
N° 4	4,760	7,49	3,52	3,080	1,63	5,15	48,632	51,37
N° 8	2,380	0,00	0,00	14,940	7,92	7,92	56,551	43,45
N° 16	1,190	0,00	0,00	19,720	10,45	10,45	67,002	33,00
N° 30	0,590	0,00	0,00	20,880	11,07	11,07	78,069	21,93
N° 50	0,297	0,00	0,00	21,080	11,17	11,17	89,241	10,76
N° 100	0,149	0,00	0,00	12,100	6,41	6,41	95,654	4,35
N° 200	0,074	0,00	0,00	8,200	4,35	4,35	100,000	0,00
Total		100,00	47,00	100,00	53,00	100,00	Modulo de finura	4,66

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Finura = 4,66. Tamaño Máximo = 1" y Tamaño Máximo Nominal = 3/4"

**Gráfico N° 12: Elaboración de agregado global.**



Límites para la curva granulométrica de agregado global según norma NTP 400,037 para un tamaño máximo nominal de 3/4\".

Se puede verificar que, para una combinación de 47% de agregado grueso y 53% de agregado fino el agregado global entra dentro de los límites de granulometría normalizada, es decir que el material en su conjunto tiene una mejor graduación.

## DISEÑO DE CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

### 1. Parámetros de Diseño del Concreto.

- ✓  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y SLUMP = 3" - 4", Trabajable.
- ✓ Aditivos = Superplastificante
- ✓ Condiciones químicas de exposición = Ninguna
- ✓ Condiciones climáticas = favorables.

### 2. Materiales.

#### 2.1. Propiedades Físicas de los Agregados a Utilizar.

*Tabla 21: Propiedades físicas de los agregados.*

No	Propiedades físicas.	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
1	Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	Kg/m <sup>3</sup>	1,715	1,430
2	Peso Unitario Compacto (P.U.C.)	Kg/m <sup>3</sup>	1,906	1,619
3	Peso Específico de Masa	Kg/m <sup>3</sup>	2,650	2,790
4	Contenido de Humedad	%	5,20	2,70
5	Absorción	%	4,80	4,30
6	Módulo de Fineza	.....	2,89	6,65
7	Tamaño Máximo Nominal	.....	# 4	1"
8	Participación	%	47,00	53,0

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 2.2. Tipo de Cementos a Utilizar.

CEMENTO	Tipo	Peso Especifico	Superficie Especifica
PORTLAND YURA ▼	IP ▼	3.06	3,600

### 3. Cálculos.

#### 3.1. Determinar la Resistencia Requerida del Concreto.

El diseño será para un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Resistencia de Diseño ( $\text{Kg/cm}^2$ ) =  $f'c = 210$ .

Resistencia Requerido ( $\text{Kg/cm}^2$ ) =  $f'c r = 295$ .

### 3.2. Asentamiento o Slump.

Trabajabilidad	Compactacion	Consistencia	Asentamiento Slump
TRABAJABLE ▼	VIBRACION LIGERA ▼	PLASTICA ▼	3" a 4"

### 3.3. Especificaciones de Aditivo y Cantidad de Agua.

Requerida para las condiciones dadas según el A.C.I.:

- ✓ Aditivo superplastificante.
  - ✓ Peso Específico del aditivo. = 1 200
- Agua de tabla N°1 (Anexo 02) = 205 Litros.

### 3.4. Cantidad de Aire Atrapado.

Para las condiciones dadas según el A.C.I: Aire = 2%

### 3.5. Cantidad de Cemento.

Para hallar en cemento se tiene la siguiente relación:  $Cemento = \frac{Agua}{a/c}$

En el caso de no tener el dato exacto, se procede a realizar una interpolación:

Interpolación	
f'cr	Rel. a/c
350	0,48
295	a/c
280	0,57

La relación agua/cemento obtenida por la interpolación para f'cr = 295 es a/c = 0,55 con este valor calculamos la cantidad de cemento.

Factor Cemento = 372,73 Kg/m<sup>3</sup> y el Factor de bolsa del Cemento = 8,8 Bolsas/m<sup>3</sup>.

### 3.6. Dosificación de Materiales (en pesos secos).

Se empezó con la más alta dosificación = 0,70% del peso de cemento.

**Tabla 22:** Dosificación de materiales en pesos seco.

Especificaciones	Unidad	Cemento	Agua	Agregados		Aditivo	Aire Atrapado	Total Absoluto
				Grueso	Fino			
Peso Unitario Seco Compacto	Kg.	372,73	205	962,38	810,60	2,61	2,0%	2 350,71
Peso Especifico	Kg/m <sup>3</sup>	3 060	1 000	2 790,00	2 650	1 200	....	
Volumen Absoluto	m <sup>3</sup>	0,122	0,205	0,345	0,306	0,002	0,020	1,00
Proporción en Peso Seco	Kg	1,00	0,55	2,58	2,17			

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.7. Proporción de Agregados.

Volumen de Agregados = 0,651 m<sup>3</sup>, Volumen de Piedra = 53% = 0,34 y Volumen de Arena = 47% = 0,31.

**Tabla 23:** Dosificación de Materiales Corregidos.

Especificación	Unid.	Cemento	Agua (Lts)	Agregados		Aditivo (Lts)	Aire Atrapado	Total Absoluto
				Grueso	Fino			
Peso Unitario Seco Compacto	Kg.	372,73	217,16	988,36	852,75	2,61	2,0%	2 431
Peso Unitario	Kg.	1,00	0,58	2,65	2,29	0,007		6,52
Peso Unitario x 42,5	kg.	42,500	24,761	112,697	97,235	0,298	0,020	277,51
Dosificación por Volumen	Pie <sup>3</sup>	1,00	24,76	2,78	2,00	0,25		

*Fuente: Elaboración propia.*

### 4. Diseño del Concreto.

Concreto requerido para probetas en peso = 54 Kg.

Factor =  $54/6,52 = 8,28$ .

**Tabla 24:** Diseño del Concreto.

Especificaciones	Unid.	Cemento	Agua (Lt)	Agregados		Aditivo (Lt)
				Grueso	Fino	
Peso Unitario de Obra	Kg.	1,00	0,58	2,65	2,29	0,01
Colada de Prueba	Kg.	8,28	4,82	21,95	18,94	0,05

*Fuente: Elaboración propia.*

#### ***Influencia de la consistencia, vibrado, compactado e impacto:***

El vibrado se realizó a mano, en el cual tuvo un asentamiento de 8,5 cm. La resistencia del concreto es 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### ***Influencia del impacto sobre la presión:***

La presión máxima es de 99,55 KPa, = 1,02 kg/cm<sup>2</sup>, en el cual el A.C.I. fija la presión máxima de 14 650 Kg/m<sup>2</sup>. Este valor se encuentra dentro de la presión de una columna.

#### ***Deformación del encofrado por presión del concreto:***

Para medir la deformación lateral producido por la presión del concreto durante el vaciado de los encofrados de la columna de 0,25 m x 0,40 m x 2,4 m de altura en metal como en madera se utilizó un reloj comparador, siendo instalado este instrumento, lo más próximo posible en la base de la columna puesto que, es ahí donde se genera la mayor presión durante el vaciado.

El reloj comparador es uno de los instrumentos más versátiles para la medición de longitudes formas y posición, el instrumento utilizado por nosotros tiene una precisión de

centésimas de milímetros con un dial cuyo rango es de 00,00 mm a 10,00 mm, la esfera graduada es móvil pudiendo girarse el cuadrante hasta hacer coincidir con el cero la aguja y a partir de ahí, nos permite medir la deformación de la cara lateral del encofrado.

Para la toma de datos se utilizó una plancha metálica de 0,60 m x 0,60 m x 1/8" de espesor debidamente fijado sobre el suelo y sobre este se apoyaba la base magnética del reloj comparador una vez fijado, se giró los brazos hasta hacer contacto el palpador del instrumento con la cara de encofrado a medir la deformación y luego colocar la esfera graduada en cero para medir las deformaciones.

**Figura N° 48:** Reloj comparador utilizado.



*Fuente: fotografías propias.*

En el encofrado metálico la deformación producida se observó, al finalizar el vaciado de la columna y con el debido procedimiento de vibrado durante el vaciado fue de 1,13 mm

**Figura N° 49:** Reloj comparador en el encofrado metálico.



*Fuente: fotografías propias.*

La deformación producida por la presión del concreto en el encofrado de madera, al finalizar el vaciado de la columna y con el debido procedimiento de vibrado durante el vaciado fue de 2,82 mm.

En conclusión, la madera sufre mayor deformación lateral con respecto al encofrado metálico, esto principalmente debido a que los tensores sufren estiramiento.

*Figura N° 50: Reloj comparador utilizado en la madera.*

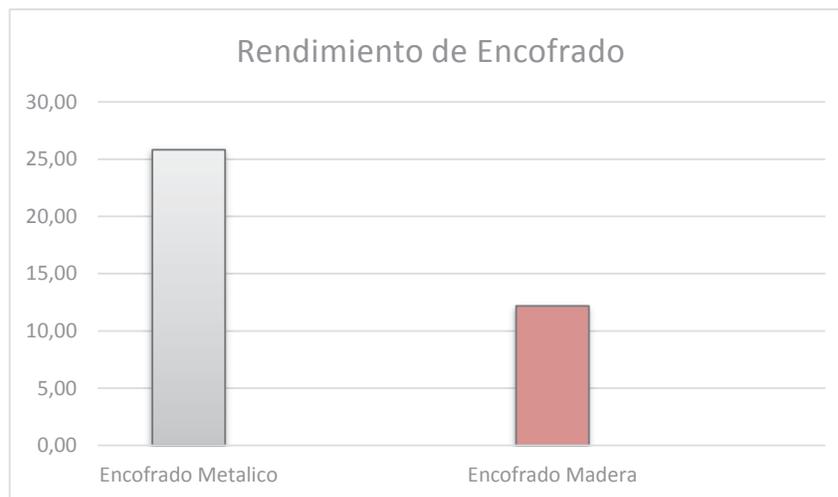


*Fuente: Fotografías Propias.*

#### 4.2.6. COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

Se realiza un análisis comparativo del sistema de encofrados que viene a ser el encofrado de madera y el encofrado metálicos, para ello se presentara en gráficos:

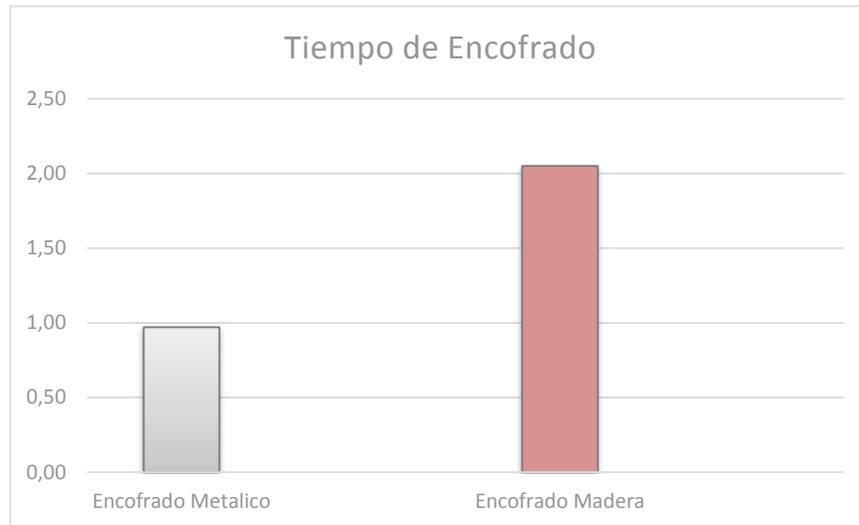
*Gráfico N° 13: Comparación de Rendimientos – Laboratorio.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

Se observa que el encofrado metálico tiene un mayor rendimiento ante el encofrado de madera, esto debido al habilitado, encofrado y desencofrado de la madera con respecto al metálico que solo se encofra y desencofra.

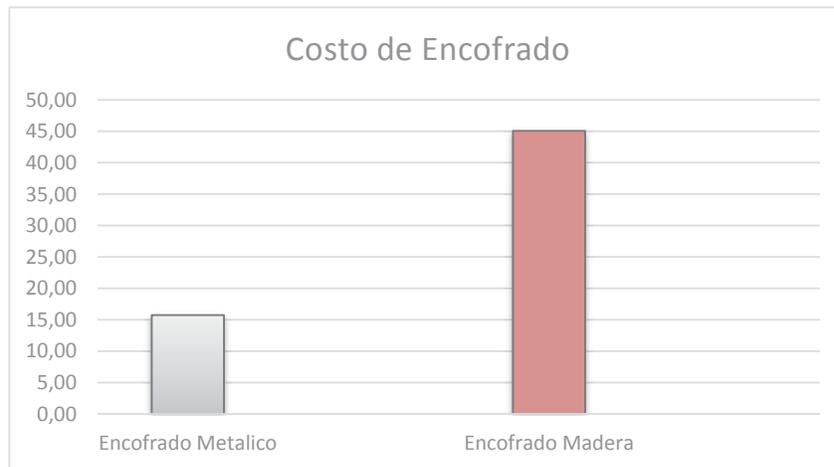
**Gráfico N° 14:** Comparación de Tiempo - Laboratorio.



*Fuente:* Elaboración Propia.

El encofrado metálico se realizó en menor tiempo, con respecto al encofrado de madera.

**Gráfico N° 15:** Comparación de Costo - Laboratorio.



*Fuente:* Elaboración Propia.

Del trabajo de laboratorio realizado se puede observar que el costo directo por m<sup>2</sup> con encofrado metálico, es bajísimo pero el costo de adquisición es alto requiere una inversión alta de capital; así mismo será necesario considerar gastos del almacenaje,

manipulación y transporte cuando el encofrado no esté siendo utilizado, el encofrado metálico que se utilizó para el trabajo en laboratorio tiene el uso # 54 con todos los usos que se le dio ya pago su costo de inversión.

#### **4.3. RESULTADO GENERAL DE LOS FACTORES DE LA EFICIENCIA.**

A continuación, se muestran los valores obtenidos en campo, estos valores fueron obtenidos de las mediciones de ocupación del tiempo necesario para la ejecución de las columnas en el laboratorio y en las dos edificaciones de estudio. También se muestran los valores promedio obtenidos de las actividades, varianza y desviación estándar, los respectivos porcentajes de Costo, Rendimiento y Comportamiento estructural del sistema de encofrados.

##### **Varianza.**

Se define como el promedio aritmético de las diferencias entre cada uno de los valores del conjunto de datos y la media aritmética del conjunto elevadas al cuadrado.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

##### **Desviación Estándar.**

La desviación estándar o desviación típica ( $\sigma$ ) es una medida de centralización o dispersión para variables de razón y de intervalo, de gran utilidad en la estadística

descriptiva.  $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$

La varianza y desviación estándar miden la dispersión promedio entorno a la media aritmética, es decir como fluctúan las observaciones mayores por encima de la media aritmética y como se distribuyen las observaciones menores por debajo de ella.

#### **4.3.1. RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.**

Para analizar este ítem se realizó el análisis del rendimiento y tiempo en función a los elementos estructurales que se encofraron durante el periodo de Investigación, en la Institución Educativa de Chachacomayoc que fue ejecutado por el Gobierno regional Cusco.

Para medir el rendimiento y tiempo se tuvo que analizar la partida del encofrado de 30 días de ambos sistemas de encofrado (encofrado metálico y encofrado de madera), el cual fue solo para el 1er nivel y 2do nivel.

##### **Columnas:**

**Tabla 25: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Madera – Columnas.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE COLUMNAS Y/O PLACAS									
Jornada (Hora/Día) =		8							
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	ENCOFRADO.			DESENCOFRADO.		
				Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>									
1	Columnas: C1	Op + Of + Pe	4,13	163	2,72	12,115	34	0,56	59,049
2	Columnas: C2	Op + Of + Pe	7,88	325	5,42	11,631	57	0,95	66,290
3	Columnas: C3	Op + Of + Pe	7,50	341	5,69	10,550	56	0,93	64,933
4	Columnas: C4	Op + Of + Pe	12,00	490	8,16	11,768	113	1,88	50,988
5	Columnas: C5	Op + Of + Pe	9,75	428	7,13	10,935	79	1,31	59,466
6	Placa: PL-1	Op + Of + Pe	10,88	439	7,31	11,904	69	1,15	75,692
PROMEDIO =			8,69	364	6,07	11,484	68	1,13	62,736
VARIANZA =						0,37			
DESVIACION ESTANDAR =						0,61			

*Fuente: Elaboración Propia.*

En el caso del encofrado de madera, en elementos estructurales de columnas y placas, se muestra que tiene un rendimiento promedio de 11,484 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 0,370 y su desviación estándar de 0,610; el tiempo promedio fue de 6,07 horas.

La desviación estándar para el rendimiento indica que, existe una variación entre los datos. La variabilidad se debe al rendimiento que ofrece cada obrero y al número de estos presentes en obra. De igual manera es el tiempo y rendimiento del desencofrado.

### Losa:

**Tabla 26: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Madera - Losa.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE LOSA									
Jornada (Hora/Día) =		8							
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	ENCOFRADO.			DESENCOFRADO.		
				Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>									
1	Losa: L-1	Op + Of + Pe	28,35	1104	18,39	12,334	243	4,05	55,998
2	Losa: L-2	Op + Of + Pe	6,62	348	5,80	9,133	64	1,06	49,886
PROMEDIO =			17,49	726	12,10	10,734	153	2,56	52,942
VARIANZA =						5,122			
DESVIACION ESTANDAR =						2,263			

*Fuente: Elaboración Propia.*

En el elemento estructural de la losa, se muestra que tiene un rendimiento promedio de 10,734 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 05,122 y su desviación estándar de 2,263; el tiempo promedio fue de 12,10 horas, equivalente a más de un día de trabajo.

La desviación estándar para el rendimiento indica que existe una variación entre los datos. La variabilidad de los datos se debe al rendimiento que ofrece cada obrero y al número de estos presentes en obra.

### Vigas:

**Tabla 27: Tiempo y Rendimiento del Encofrado de Madera - Vigas.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DE ENCOFRADO DE VIGA									
Jornada (Hora/Día) =		8							
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	ENCOFRADO.			DESENCOFRADO.		
				Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>Para el Encofrado y Desenofrado</b>									
1	Viga 201-A	Op + Of + Pe	3,22	171	2,85	9,042	25	0,41	62,747
2	Viga 201	Op + Of + Pe	2,28	109	1,82	10,034	22	0,36	50,648
3	Viga 202	Op + Of + Pe	3,07	141	2,35	10,449	24	0,40	62,017
4	Viga 203	Op + Of + Pe	3,31	169	2,82	9,396	25	0,41	64,945
5	Viga 204	Op + Of + Pe	6,69	334	5,56	9,624	45	0,74	71,901
PROMEDIO =			3,71	185	3,08	9,709	28	0,46	62,451
VARIANZA =						0,301			
DESVIACION ESTANDAR =						0,548			

*Fuente: Elaboración Propia.*

En el elemento estructural de una viga, se muestra que tiene un rendimiento promedio de 9,709 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 0,301 y su desviación estándar de 0,548; el tiempo promedio fue de 3,08 horas, equivalente a menos de un día de trabajo.

### ENCOFRADO CON TRIPLAY DE LAS COLUMNAS.

En el análisis del encofrado segundo nivel, se tuvo que analizar con triplay, la razón del cambio fue, porque el encofrado de columnas tenía muchos poros y empezaron a cuartearse, la madera era ya de últimos usos.

**Tabla 28: Tiempo y Rendimiento del Encofrado con Triplay – Columnas.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DE ENCOFRADO COLUMNAS Y/O PLACAS CON TRIPLAY									
Jornada (Hora/Día) =		8							
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	ENCOFRADO.			DESENCOFRADO.		
				Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (min.)	Tiempo (hr.)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>Para el Encofrado y Desenofrado</b>									
1	Columnas: C1	Op + Of	2,97	163	2,72	8,732	35	0,59	40,457
2	Columnas: C2	Op + Of	5,67	294	4,90	9,260	61	1,01	44,756
3	Columnas: C3	Op + Of	5,40	304	5,00	8,640	56	0,93	46,286
4	Columnas: C4	Op + Of	8,64	451	7,51	9,230	86	1,43	48,514
5	Columnas: C5	Op + Of	7,02	389	6,49	8,660	81	1,35	41,736
6	Placa: PL-1	Op + Of	7,83	380	6,34	9,895	72	1,20	52,093
PROMEDIO =			6,26	330	5,49	9,069	65	1,09	45,640
VARIANZA =						0,242			
DESVIACION ESTANDAR =						0,492			

*Fuente: Elaboración Propia*

Se muestra que, con el encofrado de triplay se tiene un rendimiento promedio de 9,069 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 0,242 y su desviación estándar de 0,492; el tiempo promedio fue de 5,49 horas equivalente a menos de un día de trabajo.

### 4.3.2. RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.

Se realizó el análisis en la I.E. de San Martín de Porres, exclusivamente el encofrado metálico. Para el caso de encofrados metálicos la obra fue ejecutada por una entidad privada (Consorcio San Martín – Oropesa) y se analiza todos los elementos estructurales del bloque A, no se toma en cuenta la partida de losa aligerada inclinada puesto que no fue ejecutada por encofrado metálico al 100 % se empleó la madera como material complementario y todo esto por la forma geométrica de las vigas.

#### Columnas:

Para medir el rendimiento y tiempo se analizó el total de columnas (15), del 1er nivel, y tienen las mismas características geométricas.

**Tabla 29: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Columnas.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE COLUMNAS Y/O PLACAS									
Jornada (Hora/Día) =			8						
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	Encofrado			Desencofrado		
				Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>PARA EL ENCOFRADO Y DEENCOFRADO</b>									
1	(1,C)	Op + Of	4,80	122	2,03	18,89	38	0,63	60,63
2	(2,C)	Op + Of	4,80	125	2,08	18,43	36	0,60	64,00
3	(3,C)	Op + Of	4,80	130	2,17	17,72	37	0,62	62,27
4	(4,C)	Op + Of	4,80	110	1,83	20,95	35	0,58	65,83
5	(5,C)	Op + Of	4,80	125	2,08	18,43	36	0,60	64,00
6	(1,B)	Op + Of	4,80	145	2,42	15,89	35	0,58	65,83
7	(2,B)	Op + Of	4,80	152	2,53	15,16	34	0,57	67,76
8	(3,B)	Op + Of	4,80	153	2,55	15,06	33	0,55	69,82
9	(4,B)	Op + Of	4,80	145	2,42	15,89	38	0,63	60,63
10	(5,B)	Op + Of	4,80	132	2,20	17,45	35	0,58	65,83
11	(1,A)	Op + Of	4,80	128	2,13	18,00	36	0,60	64,00
12	(2,A)	Op + Of	4,80	145	2,42	15,89	34	0,57	67,76
13	(3,A)	Op + Of	4,80	136	2,27	16,94	33	0,55	69,82
14	(4,A)	Op + Of	4,80	148	2,47	15,57	32	0,53	72,00
15	(5,A)	Op + Of	4,80	125	2,08	18,43	34	0,57	67,76
PROMEDIO =				134,73	2,25	17,247	35,00	0,58	65,863
VARIANZA =						2,786			
DESVIACION ESTANDAR =						1,669			

*Fuente: Elaboración Propia.*

Para el caso de elementos estructurales (columnas) el encofrado con formaleas metálicas se muestra que tiene un rendimiento promedio de 17,24 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 2,786 y su desviación estándar de 1,669; el tiempo promedio fue de 2,25 horas el cual, indica que los datos tienen una buena concentración, es decir no son muy dispersos.

Los rendimientos son elevados porque únicamente se limita al ensamblado de piezas.

#### Vigas:

Se toma un encofrado típico de viga en el análisis de rendimiento, es poco más elevado al igual que encofrar con madera tiene su trabajo no contributivo como es armado de andamios, nivelar el área de trabajo para armar andamios y otros.

**Tabla 30: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Vigas.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE VIGAS.									
Jornada (Hora/Día) =			8						
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	Encofrado			Desencofrado		
				Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>									
1	1(A-B-C)	Op + Of	7,89	242	4,03	15,64	72	1,20	52,57
2	2(A-B-C)	Op + Of	7,69	238	3,97	15,50	71	1,18	51,95
3	3(A-B-C)	Op + Of	7,69	247	4,12	14,93	70	1,17	52,70
4	4(A-B-C)	Op + Of	7,69	229	3,82	16,11	73	1,22	50,53
5	5(A-B-C)	Op + Of	7,89	246	4,10	15,39	72	1,20	52,57
PROMEDIO =				240,40	4,01	15,513	71,60	1,19	52,063
VARIANZA =						0,180			
DESVIACION ESTANDAR =						0,425			

*Fuente: Elaboración Propia.*

En el caso de los elementos estructurales de una viga, se muestra que tiene un rendimiento promedio de 15,513 m<sup>2</sup>/día, teniendo una varianza de 0,180 y su desviación estándar de 0,425; el tiempo promedio fue de 4,01 horas, estos resultados indican que los datos obtenidos no tienen mucha dispersión.

#### **Losa Aligerada:**

En el caso de losa aligerada no fue con el uso exclusivo de encofrado metálico, se utilizó encofrado mixto, es decir, encofrado de madera y encofrado metálico. Podemos observar que se tiene un alto rendimiento puesto que solo se limita a colocar las soleras, nivelar con pie derechos extensibles y subir los fondos de vigueta extensible y alargar hasta la longitud deseada y asegurar con clavo de 2", se aclara que el área encofrada es un paño que tiene como perímetro vigas peraltadas.

**Tabla 31: Tiempo y Rendimiento del Encofrado Metálico - Losa.**

TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE LOSA.									
Jornada (Hora/Día) =			8						
Item	Elemento ejecutado	Cuadrilla	Metrado (m <sup>2</sup> )	Encofrado			Desencofrado		
				Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
<b>PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>									
1	(1-2),(B-C)	Op + Of	19,14	195	3,25	47,12	100	1,67	91,88
2	(2-3),(B-C)	Op + Of	19,14	184	3,07	49,94	97	1,62	94,73
3	(3-4),(B-C)	Op + Of	19,14	176	2,93	52,21	101	1,68	90,97
4	(4-5),(B-C)	Op + Of	19,14	201	3,35	45,71	96	1,60	95,71
5	(1-2),(A-B)	Op + Of	19,14	192	3,20	47,86	97	1,62	94,73
6	(2-3),(A-B)	Op + Of	19,14	184	3,07	49,94	89	1,48	103,24
7	(3-4),(A-B)	Op + Of	19,14	179	2,98	51,33	103	1,72	89,21
8	(4-5),(A-B)	Op + Of	19,14	186	3,10	49,40	96	1,60	95,71
PROMEDIO =				187,13	3,12	49,188	97,38	1,62	94,523
VARIANZA =						4,714			
DESVIACION ESTANDAR =						2,171			

*Fuente: Elaboración Propia.*

En el caso de encofrados de losa aligerada se tiene un rendimiento promedio de 49,18 m<sup>2</sup>/día.

#### 4.4. RESULTADO GENERAL DEL COSTO DE ENCOFRADOS.

##### 4.4.1. COSTO DEL ENCOFRADO DE MADERA.

La realización de cualquier proyecto se enfrenta al problema económico de asignar recursos a diferentes alternativas, de tal manera que el beneficio sea el máximo, es por ello que se deben de analizar los costos del sistema de encofrados.

*Tabla 32: Costo Unitario del Encofrado de Madera - Columna.*

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO DE MADERA.							
<b>PARTIDA: Encofrado de columnas y placas</b>							
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>H/D</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 52,23</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	6,326	S/. 2,20	S/. 13,92		26,65%	
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.	Unid.	0,034	S/. 7,50	S/. 0,26		0,49%	
Alambre N° 8	kg.	0,714	S/. 3,60	S/. 2,57		4,92%	
Clavo de 3"	kg.	0,076	S/. 3,70	S/. 0,28		0,54%	
Clavo de 4"	kg.	0,022	S/. 3,70	S/. 0,08		0,15%	
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	0,047	S/. 13,80	S/. 0,64		1,23%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 17,75</b>	<b>33,98%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripción	N°	H - H	Precio S/.	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Maestro de Obra	hh	0,070	S/. 14,74	S/. 1,03		1,98%	
Operario	hh	0,818	S/. 14,74	S/. 12,06		23,08%	
Oficial	hh	0,829	S/. 12,75	S/. 10,57		20,24%	
Peon	hh	0,947	S/. 11,46	S/. 10,85		20,77%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 33,48</b>	<b>64,10%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
Descripción	N°	H - Maqu.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 33,48	S/. 1,00		1,92%	
<b>Total de Equipo =</b>						<b>S/. 1,00</b>	<b>1,92%</b>
TOTAL MATERIAL:					S/. 17,75		
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 33,48		
TOTAL EQUIPO:					S/. 1,00		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 52,23</b>		

*Fuente: Elaboración Propia.*

El costo unitario del encofrado de madera en el elemento estructural de una columna, en un metro cuadrado es de 52,23 nuevos soles.

En comparación con otros proyectos y el expediente técnico de la I.E. Chachacomayoc el costo unitario obtenido es muy alto, debido a que el aporte unitario de los materiales se realizó de manera minuciosa como se observó en la obra y en mano de obra el rendimiento propuesto en el expediente no se aproxima a lo que realmente se obtuvo en campo.

**Tabla 33: Costo Unitario del Encofrado Madera - Viga.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO DE MADERA							
<b>PARTIDA:</b>		<b>Encofrado de Vigas</b>					
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID</b>	<b>H/D</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 53,12</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Maadera corriente	Pie <sup>2</sup>	9,288	S/. 2,20	S/. 20,43		38,47%	
Rollizo de 4" 10'	Unid.	0,213	S/. 7,50	S/. 1,60		3,01%	
Alambre N° 8	kg.	0,594	S/. 3,60	S/. 2,14		4,02%	
Clavo de diferentes medidas	kg.	0,115	S/. 3,70	S/. 0,43		0,80%	
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	0,055	S/. 13,80	S/. 0,76		1,43%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 25,35</b>	<b>47,73%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Maestro de Obra	hh	0,083	S/. 14,74	S/. 1,22		2,29%	
Operario	hh	0,866	S/. 14,74	S/. 12,77		24,04%	
Oficial	hh	0,996	S/. 12,75	S/. 12,70		23,91%	
Peon	hh	0,130	S/. 11,46	S/. 1,49		2,80%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 26,96</b>	<b>50,75%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maq.</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 26,96	S/. 0,81		1,52%	
<b>Total de Equipo =</b>					<b>S/. 0,81</b>	<b>1,52%</b>	
TOTAL MATERIAL:					S/. 25,35		
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 26,96		
TOTAL EQUIPO:					S/. 0,81		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 53,12</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

El costo unitario del encofrado de madera en el elemento estructural de una viga, en un metro cuadrado es de 53,12 Nuevos Soles.

**Tabla 34: Costo Unitario del Encofrado Madera - Losa.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO DE MADERA							
<b>PARTIDA:</b>		<b>Encofrado de Losa</b>					
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>H/D</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 50,81</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>							
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	5,594	S/. 2,20	S/. 12,31		24,22%	
Rollizo de 4" 10'	Unid.	0,191	S/. 7,50	S/. 1,43		2,82%	
Clavo de 3"	kg.	0,018	S/. 3,60	S/. 0,06		0,13%	
Clavo de 4"	kg.	0,017	S/. 3,70	S/. 0,06		0,12%	
Petroleo	Gln.	0,058	S/. 13,80	S/. 0,79		1,56%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 14,66</b>	<b>28,85%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
<b>Descripción</b>	<b>N°</b>	<b>H - H</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Maestro de Obra	hh	0,076	S/. 14,74	S/. 1,12		2,21%	
Operario	hh	0,762	S/. 14,74	S/. 11,24		22,11%	
Oficial	hh	0,914	S/. 12,75	S/. 11,65		22,93%	
Peon	hh	1,066	S/. 11,46	S/. 12,21		24,03%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 35,10</b>	<b>69,08%</b>	

Tabla 34: Costo Unitario del Encofrado Madera - Losa.

3.- EQUIPO							
Descripción	N°	h - Maqu.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 35,10	S/. 1,05		2,07%	
<b>Total de Equipo =</b>					<b>S/. 1,05</b>	<b>2,07%</b>	
TOTAL MATERIAL:					S/. 14,66		
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 35,10		
TOTAL EQUIPO:					S/. 1,05		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 50,81</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

El costo unitario del encofrado de madera en el elemento estructural de una losa, en un metro cuadrado es de 50,81 nuevos soles.

### COSTO UNITARIO DEL ENCOFRADO CON TRIPLAY - COLUMNA

Tabla 35: Costo Unitario del Encofrado de Triplay – Columnas.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO DE TRIPLAY							
PARTIDA: Encofrado de Columnas y Placas							
JORNADA	8 UNID:	H/D			<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 68,00</b>	<b>TOTAL % 100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	5,501	S/. 2,20	S/. 12,10		17,80%	
Triplay de 2,44 m x 1,22 m x 19 mm	Unid.	0,078	S/. 109,90	S/. 8,59		12,63%	
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.	Unid.	0,045	S/. 7,50	S/. 0,34		0,50%	
Alambre N° 8	kg.	1,225	S/. 3,60	S/. 4,41		6,48%	
Clavo de diferentes medidas	kg.	0,090	S/. 3,70	S/. 0,33		0,49%	
Desmoldante (Chemalac Extra)	Gln.	0,037	S/. 119,16	S/. 4,37		6,42%	
					<b>S/. 30,14</b>	<b>44,32%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	h - H	Precio S/.	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Maestro de Obra	hh	0,103	S/. 14,74	S/. 1,52		2,24%	
Operario	hh	1,189	S/. 14,74	S/. 17,53		25,77%	
Oficial	hh	1,222	S/. 12,75	S/. 15,58		22,91%	
Peon	hh	0,186	S/. 11,46	S/. 2,13		3,13%	
					<b>S/. 36,76</b>	<b>54,06%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	h - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 36,76	S/. 1,10		1,62%	
					<b>S/. 1,10</b>	<b>1,62%</b>	
TOTAL MATERIAL:					S/. 30,14		
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 36,76		
TOTAL EQUIPO:					S/. 1,10		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 68,00</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

El costo unitario del encofrado de Triplay para el elemento estructural de una Columna, en un metro cuadrado es de 68,00 nuevos soles.

#### 4.4.2. COSTO DEL ENCOFRADO METÁLICO.

##### Costo unitario del encofrado de Columnas.

El costo unitario obtenido con el encofrado metálico, es de 23,89 Nuevos soles, se observa que a pesar de tener una gran cantidad de elementos que componen su incidencia es muy bajo, esto es debido a la gran cantidad de usos que se le puede dar y eso reduce drásticamente el costo unitario; el costo total por columna de 4,8 m<sup>2</sup> (encofrado, desencofrado) es de 114,53 Nuevos Soles.

**Tabla 36: Costo Unitario del Encofrado Metálico – Columnas.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNAS								
PARTIDA:		Encofrado y Desencofrado de una Columna						
JORNADA	8	UNID	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 23,89	TOTAL	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Panel 2,40 x 0,50 m.	Unid.	0,0028	S/. 307,82	S/. 0,86		3,58%		
Panel 1,20 x 0,50 m.	Unid.	0,0028	S/. 184,41	S/. 0,51		2,14%		
Panel 2,40 x 0,25 m.	Unid.	0,0028	S/. 193,33	S/. 0,54		2,25%		
Panel 1,20 x 0,25 m.	Unid.	0,0028	S/. 126,98	S/. 0,35		1,48%		
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	0,0056	S/. 60,00	S/. 0,33		1,40%		
Esquinero externo 1,20 m.	Unid.	0,0056	S/. 40,00	S/. 0,22		0,93%		
Grapas	Unid.	0,0639	S/. 6,54	S/. 0,42		1,75%		
Puntal telescopico 3,6 m.	Unid.	0,0042	S/. 300,00	S/. 1,25		5,23%		
Tuerca copa	Unid.	0,0251	S/. 5,00	S/. 0,13		0,53%		
Barra metalica 4" x 2" x 0,60m	Unid.	0,0006	S/. 120,00	S/. 0,08		0,31%		
Barra metalica 4" x 2" x 1,00m	Unid.	0,0010	S/. 120,00	S/. 0,13		0,52%		
varilla roscada 5/8" x 0,60m	Unid.	0,0013	S/. 20,00	S/. 0,03		0,10%		
varilla roscada 5/8" x 1,00m	Unid.	0,0021	S/. 20,00	S/. 0,04		0,17%		
Acero corrugado de 1/2"	Unid.	0,0006	S/. 25,00	S/. 0,01		0,06%		
Desmoldante para encofrado	Unid.	0,0244	S/. 13,80	S/. 0,34		1,41%		
Rollizo de Ø4" x 3.00 m.	Unid.	0,1094	S/. 8,00	S/. 0,88		3,66%		
Alambre # 8	kg.	0,1681	S/. 4,50	S/. 0,76		3,17%		
<b>Total =</b>						<b>S/. 6,86</b>	<b>28,69%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Maestro de Obra	hh	0,064	S/. 14,74	S/. 0,95		3,97%		
Oficial	hh	0,644	S/. 12,75	S/. 8,21		34,37%		
Peon	hh	0,644	S/. 11,46	S/. 7,38		30,89%		
<b>Total =</b>						<b>S/. 16,54</b>	<b>69,23%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 16,54	S/. 0,50		2,08%		
<b>Total =</b>						<b>S/. 0,50</b>	<b>2,08%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 6,86		
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 16,54		
					TOTAL EQUIPO:	S/. 0,50		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 23,89</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### Costo unitario del encofrado de una viga.

Se analiza la viga que no está embebida en la loza aligerada, esto permite encofrar el área neta con toda normalidad pudiendo inclusive utilizar formaletas con un mayor peralte del elemento a encofrar.

En el Análisis de Precio Unitario, se puede observar la incidencia de madera, pues es necesario para poder colocar el cabezal en los puntales metálicos estos en si no traen una base como para que se pueda apoyar el fondo de viga.

El costo por metro cuadrado de encofrado es 23,10 Nuevos Soles.

**Tabla 37: Costo Unitario del Encofrado Metálico – Viga.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO METALICO.								
<b>PARTIDA:</b>	<b>Encofrado de Viga</b>							
<b>JORNADA</b>	8	UNID:	H/D	<b>COSTO UNITARIO</b>		<b>S/. 23,10</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Panel 2,40 x 0,40 m.	Unid.	0,004	S/. 307,82	S/. 1,31		5,68%		
Panel 1,20 x 0,40 m.	Unid.	0,002	S/. 184,41	S/. 0,31		1,36%		
Panel 2,40 x 0,25 m.	Unid.	0,004	S/. 193,33	S/. 0,82		3,57%		
Esquinero externo 1,20 m.	Unid.	0,003	S/. 60,00	S/. 0,20		0,89%		
Esquinero interno 0,60 m.	Unid.	0,002	S/. 40,00	S/. 0,07		0,30%		
Grapas	Unid.	0,025	S/. 6,54	S/. 0,16		0,70%		
Tuerca copa	Unid.	0,015	S/. 5,00	S/. 0,08		0,33%		
Puntal regulable de 3 a 4 m.	Unid.	0,009	S/. 43,00	S/. 0,37		1,59%		
Barra metálica 4" x 2" x 0,60 m.	Unid.	0,001	S/. 120,00	S/. 0,09		0,40%		
Varilla roscada 5/8" x 0,60 m.	Unid.	0,001	S/. 20,00	S/. 0,02		0,07%		
Desmoldante para encofrado	Unid.	0,024	S/. 13,80	S/. 0,34		1,46%		
Madera corriente tablas y listones	Pie <sup>2</sup>	0,346	S/. 2,40	S/. 0,83		3,59%		
Alambre # 8	kg.	0,193	S/. 4,50	S/. 0,87		3,77%		
Clavo de 3"	kg.	0,010	S/. 4,20	S/. 0,04		0,18%		
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 5,51</b>	<b>23,87%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Nº</b>	<b>h - H</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Maestro de Obra	hh	0,066	S/. 14,74	S/. 0,98		4,24%		
Oficial	hh	0,665	S/. 12,75	S/. 8,48		36,69%		
Peon	hh	0,665	S/. 11,46	S/. 7,62		32,98%		
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 17,07</b>	<b>73,91%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Nº</b>	<b>h-Maqui.</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 17,07	S/. 0,51		2,22%		
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 0,51</b>	<b>2,22%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 5,51		
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 17,07		
					TOTAL EQUIPO:	S/. 0,51		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 23,10</b>		

*Fuente: Elaboración Propia.*

### Costo unitario de un paño típico de Losa.

El Análisis de costos unitarios de la loza aligerada se hace para un encofrado mixto puesto que en su construcción no se utiliza puro encofrado metálico.

Tiene buena incidencia en el uso de la madera y la razón principal es que, si las soleras fueran de metal no habría modo de asegurar los fondos de vigueta extensible, en este

caso resulta un costo unitario bastante bajísimo, esto debido a que los puntales como los fondos de viguetas tienen una gran cantidad de usos (150 para nuestro caso) resultando un costo unitario de 10,89 Nuevos Soles.

**Tabla 38: Costo Unitario del Encofrado Metálico - Losa.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ENCOFRADO METALICO.								
PARTIDA:		Encofrado de Losa						
JORNADA	8	UNID:	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 10,89	TOTAL %	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
vigueta extensible de 2,4 a 4,8m	Unid.	0,003	S/. 98,00	S/. 0,31			2,81%	
Puntal regulable de 3 ma 4 m.	Unid.	0,004	S/. 43,00	S/. 0,17			1,54%	
Madera corriente tablas y listones	Pie <sup>2</sup>	0,800	S/. 2,40	S/. 1,92			17,63%	
Desmoldante para encofrado	Unid.	0,024	S/. 13,80	S/. 0,34			3,10%	
Cinta de embalaje	Unid.	0,022	S/. 13,00	S/. 0,29			2,63%	
Alambre # 8	kg.	0,111	S/. 4,50	S/. 0,50			4,57%	
Clavo de 2"	kg.	0,010	S/. 4,20	S/. 0,04			0,38%	
<b>Total de Madera =</b>						<b>S/. 3,56</b>	<b>32,65%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	Nº	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Maestro de Obra	hh	0,028	S/. 14,74	S/. 0,41			3,75%	
Oficial	hh	0,277	S/. 12,75	S/. 3,54			32,46%	
Peon	hh	0,277	S/. 11,46	S/. 3,18			29,18%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 7,12</b>	<b>65,39%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	Nº	h-Maqui.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 7,12	S/. 0,21			1,96%	
<b>Total de Equipo =</b>						<b>S/. 0,21</b>	<b>1,96%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 3,56		
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 7,12		
					TOTAL EQUIPO:	S/. 0,21		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 10,89</b>		

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.5. RESULTADO GENERAL DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

Para el análisis del comportamiento estructural de los encofrados, involucra ciertas variables importantes mencionadas en el capítulo del marco teórico, los cuales son:

- ✓ Altura de vaciado del concreto.
- ✓ Temperatura del concreto.
- ✓ Velocidad de Colado.
- ✓ Módulo de elasticidad de los materiales
- ✓ Propiedades mecánicas de los materiales (Flexión, Corte y Deflexión).

El cálculo para el diseño de encofrados que se analizara consiste en tomar los diseños de moldes más simples que involucren la mínima cantidad de materiales para su fabricación y que sean funcionales, a los cuales, minimizar aún más su costo se diseñó de acuerdo a los siguientes factores:

- ✓ Presión del Concreto.

- ✓ Verificación por flexión.
- ✓ Verificación por cortante.
- ✓ Verificación por deflexión.

Se determinará la cantidad mínima necesaria de materiales que este diseño sea funcional y económico. La forma de lograr esto es calculando la separación máxima necesaria entre los elementos del encofrado, para que este no falle.

#### 4.5.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL ENCOFRADO DE MADERA.

##### DISEÑO DE ENCOFRADO DE VIGAS.

###### *Características generales de la Viga.*

- ✓ Peralte de Viga ( $P_v$ ) = 0,5 m.
- ✓ Ancho de Viga ( $An.v$ ) = 0,25 m.
- ✓ Flecha admisible de la Viga = 0,2 cm
- ✓ Sobre carga (peso de obra temporal + obreros)  $S/C = 250 \text{ Kg/m}^2$
- ✓ Peso específico del concreto ( $Pe$ ) = 2 400  $\text{Kg/m}^3$ .

###### *Características de la Madera.*

Sección de la tabla:

- ✓ Base ( $b$ ) = 10 Pulg. = 25,4 cm
- ✓ Altura ( $h$ ) = 1 ½ Pulg. = 3,81 cm

Sección de pie derecho:

- ✓ Diámetro ( $D$ ) = 3 Pulg. = 7,62 cm
- ✓ Altura ( $hp$ ) = 290 cm

Sección de cabezal:

- ✓ Base ( $b$ ) = 2 Pulg. = 5,08 cm
- ✓ Altura ( $h$ ) = 4 Pulg. = 10,16 cm

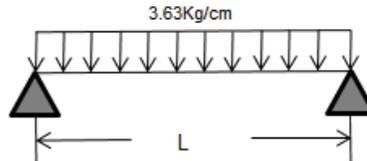
Propiedades de la tabla, pie derecho y cabezal:

- ✓ Esfuerzo Permisible por flexión ( $f_m$ ) = 100  $\text{Kg/cm}^2$  (para tabla y cabezal) 210  $\text{Kg/cm}^2$  (rollizo de eucalipto)
- ✓ Esfuerzo Permisible por corte ( $f_v$ ) = 12  $\text{Kg/cm}^2$  (para tabla y cabezal) y 15  $\text{Kg/cm}^2$  (rollizo de eucalipto)
- ✓ Módulo de elasticidad ( $E$ ) = 100 000  $\text{Kg/cm}^2$  (para tabla y cabezal) 130 000  $\text{Kg/cm}^2$ . (rollizo de eucalipto).

**Metrado de Cargas.**

- ✓ Viga =  $(An_v \times P_v \times 1m \times P_e)/(An_v \times 1m) = 1\ 200\ kg.$
- ✓ Sobre carga (peso de personal y estructura temporal) = 250 kg.
- ✓ **Carga total = 1 450 kg.**

Carga distribuida por viga:



$$W_{dv} = C_t \times An_v = 362,50\ kg/m = 3,63\ kg/cm.$$

**Calculo de separación entre cabezales.**

Siendo L la longitud del tablón o la separación entre cabezales.

Carga distribuida sobre la tabla  $W_{dv} = C_t \times An_{tv} = 3,63\ kg/cm$

Momento de Inercia de la tabla  $I = \frac{b \times h^3}{12} = 117,04\ cm^4$

Momento resistente flexionante de la tabla  $S = \frac{b \times h^2}{6} = 61,42\ cm^3$

a. Verificación por flexión  $L_c = \sqrt{\frac{10 \times fm \times S}{\omega}} = 130,20\ cm.$

b. Verificación por deflexión  $L_c = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 95,35\ cm$

c. Verificación por corte  $L_c = \frac{fv \times b \times h}{0,9 \times W} = 355,95\ cm$

Se toma la menor separación entre cabezales  $L_c = 95,35\ cm.$

Longitud a tomar en obra  $L_c = 95\ cm.$

**Verificamos resistencia de puntales.**

Siendo:  $f_m = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 $E = 130\,000 \text{ kg/cm}^2$   
 $W_v = 3,63 \text{ kg/cm}$

a. Calculamos carga de influencia sobre cada puntal

$$\omega_p = \omega_v \times L_c = 344,375 \text{ kg}$$

b. Calculamos la Esbeltez:  $Esb = \frac{h_p}{D} = 38,06$        $k = 0,642 \sqrt{\frac{E}{f_m}} = 15,97$

Caso A: Esbeltez < 10  $P = f_m \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 4\,560,38 \text{ kg}$

Caso B: Esbeltez > 10  $P = \frac{0,274 \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times E}{\left(\frac{L}{d}\right)^2} = 1\,121,52 \text{ kg}$

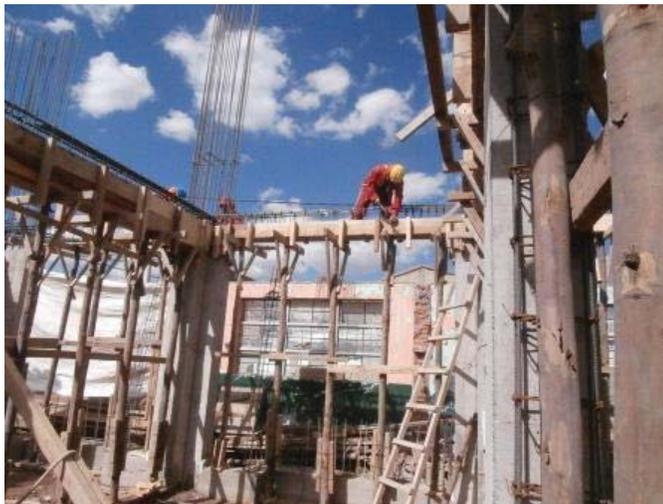
Caso C:  $10 < Esbeltez < K$   $P = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times f_m \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L}{kd}\right)^4\right] = 8\,000,00$

Capacidad admisible a considera en obra por puntal = 1 121,21 kg. Diámetro de puntal es correcto para la carga de influencia.

Verificación de capacidad portante de apoyos:

$$\sigma = \frac{\omega_p}{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2} = 7,55 \text{ kg/cm}^2, \text{ Se verifica en campo la capacidad admisible.}$$

**Figura N° 51:** Fotografía del Encofrado de Vigas.



**Fuente:** fotografías propias.

## DISEÑO DE ENCOFRADO DE LOSA.

### *Características generales de la losa aligerada.*

- ✓ Peralte de losa aligerada (PL) = 0,2 m.
- ✓ Peralte del ladrillo o tecnopor (PAlig) = 0,15 m.
- ✓ Ancho del ladrillo o tecnopor (AnAlig) = 0,3 m.
- ✓ Ancho de Viguetas (Anv) = 0,1 m.
- ✓ Peso del ladrillo o tecnopor por m<sup>2</sup> = 80 Kg.
- ✓ Flecha admisible de la losa aligerada = 0,2 cm.
- ✓ Sobre carga (peso de obra temporal + obreros) S/C = 250 Kg/m<sup>2</sup>.
- ✓ Peso específico del concreto (Pe) = 2 400 Kg/m<sup>3</sup>.

### *Características de la Madera.*

Sección de la tabla:

- ✓ Base (b) = 8 Pulg. = 20,32 cm
- ✓ Altura (h) = 1 ½ Pulg. = 3,81 cm

Sección de pie derecho:

- ✓ Diámetro (D) = 3 Pulg. = 7,62 cm
- ✓ Altura (hp) = 320 cm.

Sección de la solera:

- ✓ Base (b) = 2 Pulg. = 5,08 cm
- ✓ Altura (h) = 4 Pulg. = 10,16 cm

Propiedades de la tabla, solera y pies derechos:

- ✓ Esfuerzo Permisible por flexión (fm) = 100 Kg/cm<sup>2</sup> (para tabla y solera)  
210 Kg/cm<sup>2</sup> (rollizo de eucalipto)
- ✓ Esfuerzo Permisible por corte (fv) = 12 Kg/cm<sup>2</sup> (para tabla y solera) y 15  
Kg/cm<sup>2</sup> (rollizo de eucalipto)
- ✓ Módulo de elasticidad (E) = 100 000 Kg/cm<sup>2</sup> (para tabla y solera) 130 000  
Kg/cm<sup>2</sup>. (rollizo de eucalipto).

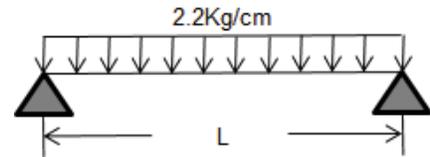
**Metrado de Cargas.**

Loza aligerada	$= P_L \times P_e \times 1m \times 1m =$	120 Kg/m <sup>2</sup>
Vigueta	$= An_v \times P_{Alig} \times 1m \times P_e \times \frac{1}{An_v + An_{Alig}} =$	90 Kg/m <sup>2</sup>
Ladrillo	en funcion a P <sub>Alig</sub>	80 Kg/m <sup>2</sup>
Sobre carga	Peso de personal y estructura temporal	250 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga total</b>		<b>540 Kg/m<sup>2</sup></b>

Carga distribuida por vigueta

$$An_{tv} = An_v + An_{Alig} = 0,4 \text{ m}$$

$$W_{dv} = C_t \times An_{tv} = 216 \text{ Kg/m} = 2,16 \text{ Kg/cm.}$$



**Calculo de Separación entre Soleras.**

Siendo L la longitud de separación entre soleras.

Carga distribuida sobre la tabla  $W_{dv} = C_t \times An_{tv} = 2,16 \text{ kg/cm.}$

Momento de Inercia de la tabla  $I = \frac{b \times h^3}{12} = 93,65 \text{ cm}^4$

Momento resistente flexionante de la tabla  $S = \frac{b \times h^2}{6} = 49,16 \text{ cm}^3.$

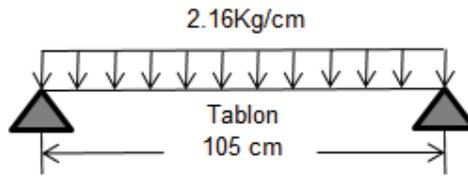
a. Verificación por flexión  $L_c = \sqrt{\frac{10 \times f_m \times S}{\omega}} = 150,86 \text{ cm.}$

b. Verificación por deflexión  $L_c = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 102,64 \text{ cm}$

c. Verificación por corte  $L_c = \frac{fv \times b \times h}{0,9 \times W} = 477,90 \text{ cm}$

Se toma la menor separación entre soleras  $L_c = 102,64 \text{ cm.}$

Longitud a tomar en obra  $L_c = 105 \text{ cm}$ .



**Calculo de Separación entre Puntales.**

Siendo “L” la longitud de la solera o la separación entre puntales.

Carga distribuida sobre la solera  $W_{dv} = C_t \times L_s = 5,67 \text{ kg/cm}$ .

Momento de Inercia de la solera  $I = \frac{b \times h^3}{12} = 443,98 \text{ cm}^4$

Momento resistente flexionante de la solera  $S = \frac{b \times h^2}{6} = 87,40 \text{ cm}^3$

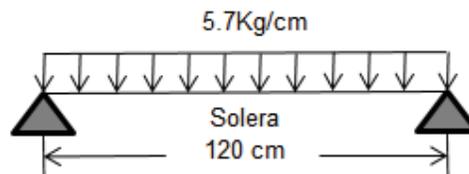
Verificación por flexión  $L_c = \sqrt{\frac{10 \times f_m \times S}{\omega}} = 124,15 \text{ cm}$ .

Verificación por deflexión  $L_c = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 118,99 \text{ cm}$

Verificación por corte  $L_c = \frac{f_v \times b \times h}{0,9 \times W} = 121,37 \text{ cm}$

Se toma la menor separación entre puntales  $L_p = 118,99 \text{ cm}$ .

Longitud a tomar en obra  $L_p = 120 \text{ cm}$ .



**Verificamos resistencia de puntales.**

Siendo:  $f_m = 150 \text{ kg/cm}^2$

$E = 130\,000 \text{ kg/cm}^2$

$W_v = 5,67 \text{ kg/cm}$

**Calculamos carga de influencia sobre cada puntal.**

$$\omega_p = \omega_s \times L_p = 680,4 \text{ Kg.}$$

$$\text{Caso A: Esbeltez} < 10 \quad P = fm \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 6\,840,57$$

$$\text{Caso B: Esbeltez} > 10 \quad P = \frac{0,274 \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times E}{\left(\frac{L}{d}\right)^2} = 921,10$$

$$\text{Caso C: } 10 < \text{Esbeltez} < K \quad P = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times fm \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L}{kd}\right)^4\right] = 8\,000$$

$$k = 0,642 \sqrt{\frac{E}{fm}} = 18,90$$

$$\text{Calculamos Esbeltez} = k = 0,642 \sqrt{\frac{E}{fm}} = 41,99 \text{ cm}$$

Capacidad admisible a considerar en obra = 921,10, esta sección de puntal es correcto para carga de influencia.

**Verificación de capacidad portante de apoyos.**

$$\sigma = \frac{\omega_p}{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2} = 14,92 \text{ Kg/cm}^2$$

**Figura N° 52:** Fotografía del Encofrado de Losa.



**Fuente:** fotografías propias.

## DISEÑO DE ENCOFRADO DE MADERA - COLUMNA.

### 1. Datos de la columna a encofrar.

Altura de columna:  $H = 3,75$  m.

Sección de columna:  $B \times L = 0,8$  m x  $0,25$  m

Tiempo de llenado:  $t = 0,8$  h

Temperatura del concreto:  $T = 25^{\circ}\text{C}$

- ✓ Material a utilizar: Tabla de pino 1" x 4" y los barrotes y cuartones 2" x 4"
- ✓ Esfuerzo permisible por flexión (madera):  $100$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Esfuerzo permisible por corte (madera):  $10$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Módulo de elasticidad (madera):  $E = 130\,000$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Deflexión máxima permisible (madera):  $L/270$ .

$$\text{Velocidad de llenado: } R = \frac{H}{T} = \frac{3,75}{0,8} = 4,68 \text{ m/h}$$

### 2. Calculo de la presión máxima del concreto.

$$\text{a. } Pm = 4,68 + \frac{785 \times R}{17,8 + T} = 93,17 \text{ Kpa}$$

Se da el caso que  $R$  es mayor que  $2$  m/h, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$\text{b. } Pm = 23,52 \times H = 88,20 \text{ Kpa}$$

La presión máxima redondeando es  $9\,000$  Kg/m<sup>2</sup> y este resultado se encuentra dentro lo permitido que es  $14\,650$  Kg/m<sup>2</sup>, y la presión mínima para el diseño de una columna no debe ser menor de  $3\,000$  Kg/m<sup>2</sup>.

Presión máxima =  $88,20$  kpa, realizando conversiones de unidades, la Presión máxima es =  $0,9$  kg/cm<sup>2</sup>.

### 3. Calculo del momento de inercia del cuartón y tabla.

Sección de la tabla:

$$h = 1 \frac{1}{2}'' = 3,81 \text{ cm}$$

$$b = L1 = 8'' = 20,32 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b \times h^3 = 93,65 \text{ cm}^4$$

sección del cuartón y/o barrotes:

$$h = 2'' = 5,08 \text{ cm}$$

$$b = 4'' = 10,16 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b \times h^3 = 443,98 \text{ cm}^4$$

#### 4. Cálculo de separación de los refuerzos con listón que sostienen la tabla (refuerzo vertical).

**Cálculo de W1:** Carga distribuida más desfavorable

$$W_1 = Pm \times b = 18,27 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Verificación por flexión a la tabla } L_1 = 12,90 \sqrt{\frac{b \times h^2}{W_1}} = 51,83 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte a la tabla } L_1 = \frac{\tau \times b \times h}{0,75 \times W} = 67,78 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión a la tabla } L_1 = 0,36 \times h \times \sqrt[3]{\frac{b \times E}{W_1}} = 65,96 \text{ cm.}$$

Separación de listones  $L_1 = 51,83 \text{ cm.}$

Se puede afirmar que inicialmente la tabla podrá soportar con una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de  $= 50 \text{ cm.}$

Por consiguiente, se podrá colocar refuerzos horizontales (barros) a la distancia indicada hasta una longitud de  $2,50$  medido del borde superior de la columna.

#### 5. Verificación del cuartón en el sentido de mayor momento de inercia (refuerzo horizontal).

**Cálculo de W2** (Carga distribuida más desfavorable)

$$W_2 = Pm \times L_1 = 44,97 \text{ kg/cm.}$$

$$\text{Verificación por flexión del listón } L_2 = 12,90 \sqrt{\frac{b \times h^2}{W_1}} = 44,05 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte del listón } L_2 = \frac{\tau \times b \times h}{0,75 \times W} = 18,36 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión del listón } L_2 = 0,36 \times h \times \sqrt[3]{\frac{b \times E}{W_1}} = 82,07 \text{ cm.}$$

Separación de listones  $L_1 = 18,36 \text{ cm.}$

Se puede afirmar que inicialmente el listón podrá soportar con una separación horizontal del tensor con una luz aproximado de = 20 cm. (en la base)

Por consiguiente, se podrá colocar tensores horizontales en el barrote a la distancia indicada.

Si la altura de la columna excede los 03 metros se analizarán 03 franjas para diferentes separaciones siempre tomando que a mayor profundidad o altura la presión será mayor y por ende los refuerzos horizontales y verticales tendrán una menor longitud de espaciado.

$$\text{Cuando } H_2 = 2,50 \text{ m} \rightarrow P_m = 58,8 \text{ Kpa}$$

$$P_m = 0,6 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{Cuando } H_3 = 1,25 \text{ m} \rightarrow P_m = 29,4 \text{ Kpa}$$

$$P_m = 0,30 \text{ Kg/cm}^2.$$

Tanteo para diferentes alturas.

$$\text{Para } H_2 = 2,50 \text{ m} \rightarrow P_m = 58,8 \text{ Kpa}$$

$$P_m = 0,6 \text{ Kg/cm}^2.$$

Ancho de tabla = 20,32 cm.

$$W_2 = P_m \times L_1 = 12,02 \text{ Kg/cm}^2. \quad \leftarrow \text{Carga distribuida sobre el cuartón.}$$

$$\text{Verificación por flexión a la tabla } L_1 = 12,90 \sqrt{\frac{b \times h^2}{W_1}} = 63,47 \text{ cm}$$

Separación de listones  $L_2 = 63,47 \text{ cm}$ .

Como se observa existe un incremento en la longitud de separación, por flexión y deflexión ya está bien sobrado.

Para  $H_2 = 2,50 \text{ m}$  colocar apoyos de refuerzo a 65 cm hasta una longitud de 1,25 m medido a partir del borde superior de la columna

$$\text{Para } H_3 = 1,25 \text{ m} \rightarrow P_m = 29,4 \text{ Kpa}$$

$$P_m = 0,30 \text{ Kg/cm}^2.$$

Ancho de tabla = 20,32 cm.

$$W_2 = P_m \times L_1 = 6,09 \text{ Kg/cm}^2. \quad \leftarrow \text{Carga distribuida sobre el cuartón.}$$

$$\text{Verificación por flexión a la tabla } L_1 = 12,90 \sqrt{\frac{b \times h^2}{W_1}} = 89,66 \text{ cm}$$

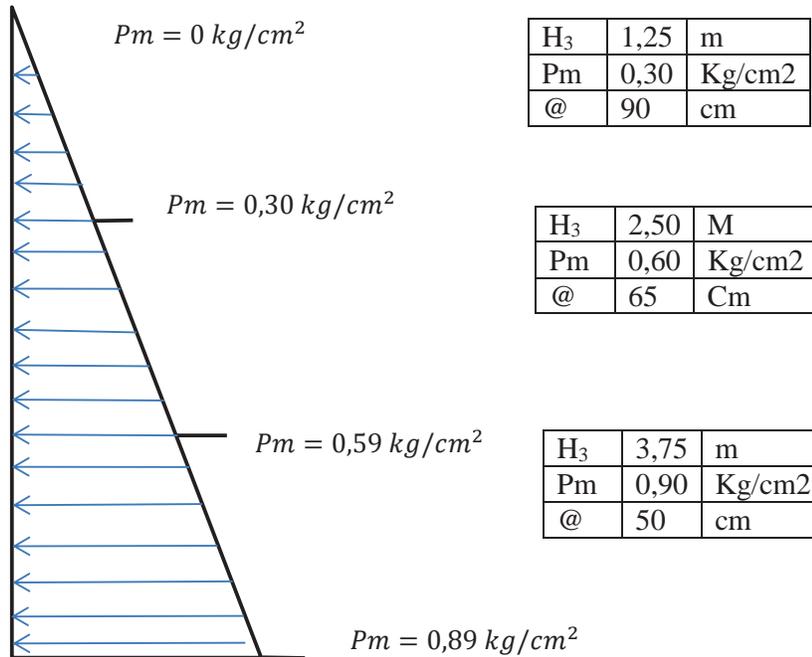
Separación de listones  $L_2 = 89,66$  cm.

Como se observa existe un incremento en la longitud de separación, por flexión y deflexión ya está bien sobrado.

Para  $H_3 = 1,25$  m colocar apoyos de refuerzo a 90 cm hasta el borde superior de la columna

Finalmente quedara las presiones máximas y las distancias entre barotes de la siguiente manera:

**Grafico N° 16: Diseño del encofrado de Madera – Columna.**



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N° 53: Fotografía del encofrado de columna.**



*Fuente: fotografías propias.*

#### 4.5.2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL ENCOFRADO METÁLICO.

Cuando se adquiere un modelo específico de encofrados metálico, es de vital importancia tener las especificaciones técnicas del fabricante y conocer el comportamiento estructural durante el vaciado de concreto; no se realizará el cálculo en cuanto a encofrados metálicos, puesto que cada fabricante nos da en su hoja de datos técnicos la presión máxima de trabajo de cada sistema de encofrado.

Las formaleas metálicas, son fabricadas por cada empresa con diferente espesor de lámina, diferente diseño del bastidor y con acero de alta resistencia, por consiguiente, cada fabricante diseña para soportar las cargas de presión a las que serán sometidas.

Queda en mano del profesional responsable de cada proyecto de obra, verificar que las presiones máximas alcanzadas por el concreto fresco durante el vaciado no sobrepasen los valores de diseño indicado en las especificaciones técnicas de cada fabricante.

**EFCO.** - Empresa internacional con más de 58 años de experiencia con presencia a nivel mundial. En nuestro medio el más utilizado en edificaciones, es el sistema HAND-E-FORM (Paneles Manuales EFCO) específicamente este tipo de sistema se utilizó en la ejecución de la I.E. San Martín – Huasao, estos son manuales portables los cuales están diseñados para soportar una *presión máxima de 57 KPa (0,58 Kg/cm<sup>2</sup>)* para un concreto de peso normal y con un *asentamiento normal menor a 175 mm* y una profundidad de vibrado normal menor a 1,2 m.

**UNISPAN.** - Empresa internacional con más de 20 años de experiencia en el mercado latinoamericano que ofrece diferentes sistemas de encofrados; el sistema aplicado a construcción de edificaciones es el ALLSTEEL exclusivo para encofrar muros a una cara, 2 caras columnas-vigas, diseñado para soportar una *presión máxima de 70 KN/m<sup>2</sup> (0,71 kg/cm<sup>2</sup>)*.

**FORMESAN.** - Empresa Colombiana que se dedica de forma exclusiva a fabricación de encofrado metálico para edificaciones en láminas de acero de características especiales, las formaleas están diseñadas para soportar una *presión máxima de 0,585 kg/cm<sup>2</sup>*

**ULMA.**- Este sistema de encofrados es mixto cuenta con un armazón metálico con tablero fenólico contrachapados de láminas de abedul y/o abeto y están revestidos con una

película fenólica resistente al desgaste y a la corrosión con una densidad de 680 kg/m<sup>3</sup>, para la construcción de edificaciones cuenta con el sistema de encofrado COMAIN para construcción de muros diseñado para una *presión admisible de concreto fresco de 40 KN/m<sup>2</sup>* (0,407 kg/cm<sup>2</sup>), el sistema de encofrado LGR para construcción de columnas diseñado para una *presión admisible de concreto fresco 80 KN/m<sup>2</sup>* (0,8157 kg/cm<sup>2</sup>).

**PERI.** - El sistema DUO es el utilizado en edificaciones este sistema de encofrado también es mixto y está conformado por un tablero fenólico adherido por medio de tornillos auto perforantes a una estructura metálica cuenta con variedad de dimensiones para ser modulado a las dimensiones específicas de cada proyecto, *la presión máxima es de 50 KN/m<sup>2</sup>* (0,509 kg/cm<sup>2</sup>) para la construcción de muros y *de 80 KN/m<sup>2</sup>* (0,815 kg/cm<sup>2</sup>) para la construcción de columnas.

**Puntales Metálicos.** - En cuanto a puntales existe gran variedad de productos y cada uno fabricado para diferentes capacidades de carga, diferentes alturas de apuntalamiento y de diferente material metálico, aluminio, acero galvanizado.

*Puntales de alta capacidad.* - Por lo general son de rosca externa con un tubo externo de Ø 60 mm, e = 2,5 mm, tubo interno de Ø 48 mm, e = 4 mm, placas de apoyo 120 mm x 120 mm x 8 mm y pueden soportar hasta 2 500 Kg-F en su longitud más corta, a medida que el puntal incrementa de longitud también va disminuyendo su capacidad de carga por la esbeltez que se va generando.

*Puntales Estándar.* - Estos puntales son más livianos y vienen fabricados con una extensión máxima de hasta 5,50 m con tubo externo de Ø 56 mm, e = 1,8 mm, tubo interno de Ø 48 mm, e = 2 mm, placas de apoyo 110 mm x 110 mm x 5 mm y pueden soportar hasta 1 705 Kg en su longitud más corta, a medida que el puntal incrementa de longitud también va disminuyendo su capacidad de carga hasta 700 Kg por la esbeltez que se va generando, estos datos son específicos para los puntales de la marca NOPIN con una altura mínima de trabajo de 2,41 m hasta una altura máxima de trabajo de 4,03 m.

En el grafico N° 17, se puede observar como varia la capacidad de carga del puntal en función de su longitud máxima (UNISPAM modelo STD 30R, 36R) en este caso el puntal que se puede extender de desde 1,8 m hasta 3,0 m.

*Grafico N° 17: Carga admisible en función de la Longitud.*



*Fuente: Especificaciones técnicas – UNISPAN.*

## CAPÍTULO V

### VALIDACIÓN DE HIPOTESIS.

#### 5.1. CALCULOS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

Para poder realizar la validación de la hipótesis, tenemos que recordar y tener en cuenta que la hipótesis general es:

**“El encofrado metálico será eficiente con respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad de Cusco – 2017”.**

Para tener los conceptos más claros y que la investigación tenga una respuesta final, hacemos el planteamiento del problema en base a la hipótesis.

La eficiencia es un atributo muy importante en la industria de la construcción puesto que todos los recursos como materiales, mano de obra y tiempo son cada vez más limitados por lo que tiene sentido conservarlos mientras se mantiene un nivel de producción aceptable para mantenerse competitivos.

También la eficiencia es reducir la cantidad de recursos para lograr la misma partida a ejecutar (encofrado de columnas, vigas, losa aligerada etc.)

La eficiencia fue la rapidez con que el personal obrero puede hacer una determinada tarea en ambas obras, generando el mínimo desperdicio para realizar la mayor cantidad de m<sup>2</sup> de encofrado de cualquier elemento estructural.

Respecto al transporte de materiales en obra, el encofrado metálico como de madera son de fácil transporte dentro de la obra siempre y cuando representen bajo peso, máximo de 35 Kg, pero hubo dificultad en la I.E. Chachacomayoc del 2do nivel para hacer el traslado de los fenólicos (triplay) y demás materiales para su respectivo encofrado, en cambio en la I.E. de Huasao no hubo esta dificultad porque se realizó solo en el 1er nivel.

La calidad del acabado apreciada de manera visual es mejor con el encofrado metálico y con buen cuidado de las formaletas, estos resultados pueden ser obtenidos durante un promedio de 1 a 100 o 150 usos, según el mantenimiento que se realiza. En cambio, con el encofrado de madera al 3er y 5to uso se empieza a notar el alabeo, en el tablón esto debido a la exposición de la humedad entre la cara de contacto con el concreto y la cara que queda al aire libre.

Todo esto se ve reflejado en la hipótesis específica siguiente en donde el empleo de recurso de materiales, recurso de mano de obra y desperdicio es menor con la utilización de

encofrados metálicos con respecto a la utilización de encofrado de madera, concluyéndose que el encofrado metálico es más eficiente.

### ¿Cuáles son los costos de materiales y mano de obra al emplear encofrados metálicos y encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?

Al tener este concepto, nos basamos en un cálculo de cantidad de madera, cantidad de formaletas, análisis de tiempo, rendimientos, mano de obra y el comportamiento estructural del encofrado de madera y metálico, que se utilizara en la partida de encofrados.

A continuación, se muestran los cuadros de cálculos y los resultados hallados por cada una de las actividades investigadas.

#### 5.1.1. CÁLCULOS Y RESULTADOS DEL ENCOFRADO DE MADERA.

Para el cálculo de cada uno de los cuadros se tomó los conceptos que fue desarrollado en el capítulo II, como son formulas.

#### COLUMNA REPRESENTATIVA (SECCIÓN L).

Tabla 39: Calculo de la cantidad de madera - columna (C4).

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE MADERA.										
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS.										
COLUMNA: C-4					Dimensión de la columna					
					Tablero Lateral =	0,60	m			
					Tablero de Fondo 1=	0,25	m			
					Tablero de Fondo 2=	0,75	m			
					Costillar Lateral =	1,00	m			
					Costillar de Fondo 1=	0,25	m			
					Costillar de Fondo 2=	0,35	m			
					Altura =	3,75	m			
					UM =	12,00	m2			
1.- CANTIDAD DE MADERAS										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10%	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G=H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	3,75	12,30	6	92,27	101,50	4	25,38	2,11
Tablones	8	1,5	3,75	12,30	6	73,82	81,20	4	20,30	1,69
Tablones	6	1,5	3,75	12,30	2	18,45	20,30	4	5,08	0,42
Tablones	3	1,5	3,75	12,30	2	9,23	10,15	4	2,54	0,21
Barrotes	3	2	1,60	5,25	6	15,75	17,32	7	2,47	0,21
Barrotes	3	2	1,20	3,94	6	11,81	12,99	7	1,86	0,15
Barrotes	3	2	1,05	3,44	6	10,33	11,37	7	1,62	0,14
Barrotes	3	2	0,70	2,30	6	6,89	7,58	7	1,08	0,09
Barrotes	3	2	0,60	1,97	12	11,81	12,99	7	1,86	0,15
Puntales	3	2	3,05	10,01	12	60,04	66,04	10	6,60	0,55
<b>Total de Madera en pie 2 =</b>									<b>5,73</b>	
2.- CANTIDAD DE PIE DERECHO.										
Descripción	Sección.		Longitud		Cant. elem.	Desperdicio del Rollizo		N° usos	Unid/N° usos	U. M.
	Diámetro (Pulg.)	M. L.	Pies	5%		0,10				
Rollizo de 4" 10'	4	1,50			2	2,10		9	0,23	0,02

*Tabla 39: Calculo de la cantidad de madera - columna (C4).*

3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)								
Descripción	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad.	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.	
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	20	0,60	0,66	1	0,66	<b>0,06</b>	
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS.								
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavo (Kg)	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	M. L.	Pies						
Alambre # 8	2,9		18	5,72	6,58	1	6,58	0,55
Alambre # 8	2,4		18	4,74	5,45	1	5,45	0,45
Alambre # 8	1,3		30	4,28	4,92	1	4,92	0,41
Clavo de 3"			228	1,27	1,46	2	0,73	0,06
Clavo de 4"			36	0,39	0,45	2	0,23	0,02

*Fuente: Elaboración Propia.*

De esta manera se realizó todo el cálculo del aporte unitario de los materiales de todas las columnas.

*Tabla 40: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - columna (C4).*

RENDIMIENTO DE HABILITADO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO								
Jornada :	8	Unid. :	Hr/Dia					
Descripción	Área (m2)	N° de Horas	Rendimiento (m2/dia)	Cuadrilla				Nro de usos
				Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Habilitado	12,00	5,00	19,200	0	1,0	0,0	1,0	4
Horas Hombre				0,000	0,104	0,000	0,104	
Encofrado		8,30	11,566	0,1	1,0	1,0	1,0	1
Horas Hombre				0,069	0,692	0,692	0,692	
Desencofrado		1,83	52,364	0,0	0,0	1,0	1,0	1
Horas Hombre				0,000	0,000	0,153	0,153	
<b>Total Horas Hombre =</b>				<b>0,069</b>	<b>0,796</b>	<b>0,844</b>	<b>0,949</b>	

*Fuente: Elaboración Propia.*

El rendimiento y tiempo en el encofrado de madera fue muy deficiente, esto se debió a que fue ejecutado por una entidad pública donde no era exigido el rendimiento del personal al 100% ,porque había dos tipos de mano de obra (una eventual y la otra de reposición judicial, estos no tenían un rendimiento eficiente ya que se veían que nadie les podía retirar por tener un rendimiento muy bajo) y también fue la malas gestiones de parte del residente de obra para su adquisición de materiales, respecto al encofrado metálico, por haber sido ejecutado por una empresa privada fue muy eficiente respecto al rendimiento y tiempo.

**Tabla 41: Análisis de precios unitarios - Columna (C4).**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS COLUMNA C-4.					
<b>Partida:</b>		Encofrado y desencofrado de columnas			
1.- MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	%
Madera Corriente	Pie <sup>2</sup>	5,73	S/. 2,20	S/. 12,61	24,59%
Rollizo de 4" 10'	Unid.	0,02	S/. 7,50	S/. 0,15	0,28%
Alambre # 8	kg.	0,96	S/. 3,60	S/. 3,45	6,73%
Clavo de 3"	kg.	0,06	S/. 3,70	S/. 0,22	0,44%
Clavo de 4"	kg.	0,02	S/. 3,70	S/. 0,07	0,14%
Petroleo	Gln	0,03	S/. 13,80	S/. 0,41	0,81%
<b>Total =</b>				<b>S/. 16,91</b>	<b>32,98%</b>
2.- MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	H.H.	Precio S/.	Parcial	%
Maestro de Obra	hh	0,069	S/. 14,74	S/. 1,02	1,99%
Operario	hh	0,796	S/. 14,74	S/. 11,73	22,87%
Oficial	hh	0,844	S/. 12,75	S/. 10,77	20,99%
Peon	hh	0,949	S/. 11,46	S/. 10,87	21,20%
<b>Total =</b>				<b>S/. 33,37</b>	<b>65,07%</b>
3.- HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	%
Herram. Manuales	% MO	3%	S/. 33,37	<b>S/. 1,00</b>	<b>1,95%</b>
				TOTAL MATERIAL:	S/. 16,91
				TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 33,37
				TOTAL EQUIPO:	S/. 1,00
				<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 51,28</b>
					<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### LOSA REPRESENTATIVA.

Los cálculos y resultados que se obtuvo del *Encofrado de Madera para una Losa representativa*, son los siguientes:

**Tabla 42: Calculo de cantidad de madera - Losa representativa.**

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA LOSA ALIGERADA											
<b>PARTIDA:</b>		Encofrado de Losa Aligerada.									
<b>LOSA ALIGERADA: Bloque 1Eje (12 - 13)(G' - I' - J'')</b>					<b>Dimensión de Losa Aligerada</b>						
					Largo =		7,60	m			
					Ancho =		3,73	m			
					UM =		28,35	m <sup>2</sup>			
1.- CANTIDAD DE MADERAS.											
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)	
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M.L.	Pies (B)							
Tablones	8	1,5	3,73	12,24	20	244,75	269,23	3	89,74	3,17	
Tablones	4	1,5	3,73	12,24	2	12,24	13,46	3	4,49	0,16	
Soleras	4	2	3,05	10,01	20	133,42	146,76	3	48,92	1,73	
Cuñas	4	2	0,30	0,98	50	32,81	36,09	7	5,16	0,18	
Uniones S-P	2	1,5	0,30	0,98	50	12,30	13,53	5	2,71	0,10	
<b>Total de Madera en pie2 =</b>										<b>5,33</b>	

Tabla 42: Calculo de cantidad de madera - Losa representativa.

2.- CANTIDAD DE PIE DERECHO									
Descripción	Sección.	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavo (Kg)	Desperdicio	N° usos	Unid/N° usos	U. M.
	Diámetro (Pulg.)	M. L.	Pies			Palo rollizo 5%			
Rollizo de 4" 10'	4	3		50		52,50	9	5,83	0,21
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)									
Descripción		Unidad		Rendimiento (m2.)	Cantidad.	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.
Petroleo (Desmoldante)		Gln.		20	1,42	1,56	1	1,56	0,06
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS.									
Descripción	Longitud		Cantidad elementos	Alambre y Clavo (Kg)	Desperdicio	N° usos	Kg/N° usos	U. M.	
	M. L.	Pies			Alambre y Clavo 15%				
Clavo de 3"			212	1,18	1,35	2	0,68	0,02	
Clavo de 4"			70	0,74	0,86	2	0,43	0,02	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - Losa representativa.

RENDIMIENTO DE HABILITADO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO							
Jornada :	8	Unid. :	Hr/Día				
Descripción	Área (m2)	N° de Horas	Rendimiento m2/día	Cuadrilla			
				Maestro	Operario	Oficial	Peon
Encofrado	28,35	18,39	12,331	0,1	1,0	1,0	1,0
Horas Hombre				0,065	0,649	0,649	0,649
Desencofrado		4,05	55,996	0,0	0,0	1,0	2,0
Horas Hombre					0,000	0,000	0,143
<b>Total Horas Hombre =</b>				<b>0,065</b>	<b>0,649</b>	<b>0,792</b>	<b>0,935</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La eficiencia respecto al rendimiento y tiempo, en el encofrado de madera fue de 12,331 m2/día y el tiempo del encofrado de la losa 18,39 horas para un área de 28,35m2, este tiempo se obtuvo estando presente en el momento del encofrado. Teniendo como resultado un rendimiento por debajo de los estándares establecidos.

Cabe mencionar en cuanto a la calidad del encofrado, no se tuvo muy buena calidad de las columnas al momento de desencofrar, esto debido a que las maderas ya tenían usos anteriormente en otras obras del gobierno regional Cusco.

Se observó también la seguridad, que en el segundo nivel no contaban todo el personal obrero con arnés y demás equipos de seguridad.

**Tabla 44: Análisis de precios unitarios - Losa representativa.**

<b>ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LOSA</b>					
<b>Partida :</b>		Encofrado y desencofrado de Losa.			
<b>1.- MATERIALES</b>					
Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	Parcial	%
Madera Corriente	Pie <sup>2</sup>	5,33	S/. 2,20	S/. 11,72	25,79%
Rollizo de 4" 10'	Unid.	0,21	S/. 7,50	S/. 1,54	3,40%
Clavo de 3"	kg.	0,02	S/. 3,60	S/. 0,09	0,19%
Clavo de 4"	kg.	0,02	S/. 3,70	S/. 0,06	0,12%
Petroleo	Gln	0,06	S/. 13,80	S/. 0,76	1,67%
<b>Total =</b>				<b>S/. 14,16</b>	<b>31,17%</b>
<b>2.- MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Unid.	H.H.	Precio S/.	Parcial	%
Maestro de Obra	hh	0,065	S/. 14,74	S/. 0,96	2,10%
Operario	hh	0,649	S/. 14,74	S/. 9,56	21,05%
Oficial	hh	0,792	S/. 12,75	S/. 10,09	22,21%
Peon	hh	0,935	S/. 11,46	S/. 10,71	23,57%
<b>Total =</b>				<b>S/. 30,37</b>	<b>66,83%</b>
<b>3.- HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Parcial	%
Herramientas Manuales	%MO	3%	S/. 30,37	<b>S/. 0,91</b>	<b>2,00%</b>
TOTAL MATERIAL:				S/. 14,16	
TOTAL MANO DE OBRA:				S/. 30,37	
TOTAL EQUIPO:				S/. 0,91	
<b>COSTO UNITARIO:</b>				<b>S/. 45,44</b>	<b>100,00%</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

El costo total de una losa es de 45,44 nuevos soles por metro cuadrado, en el mano de obra viene a ser 30,37 nuevos soles por metro cuadrado y el costo de la cantidad de materiales es de 14,16 nuevos soles por metro cuadrado.

### VIGA REPRESENTATIVA.

Los encofrados de las vigas tuvieron bajos rendimientos o solo por parte del personal sino también debido a la ineficiencia de gestión de materiales para encofrados, etc.

En el encofrado de las vigas, las maderas se considera 3 usos, porque, al momento de desencofrar, algunas maderas terminaron partidas de la mitad debido a que durante el vaciado quedaron embebidas dentro del concreto.

**Tabla 45: Calculo de cantidad de madera - Viga (V-203)**

CANTIDADES DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA VIGA.											
PARTIDA: Encofrado de la Viga 203											
Viga: Eje F'(12-13) típico					Dimensión de la Viga.						
					Componente	longitud	Ancho	Area	Unid.		
					Costado 1	4,13	0,40	1,65	m <sup>2</sup> .		
					Costado 2	3,68	0,20	0,74	m <sup>2</sup> .		
					Fondo	3,68	0,25	0,92	m <sup>2</sup> .		
									U.M. =	3,31	m <sup>2</sup> .
1.- CANTIDAD DE MADERAS (PIES TABLAR CUADRADO)											
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12= (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G=H)	U. M. (H/UM)	
	An. (Pulg.)	Esp (Pulg.)	M. L.	Pies (B)							
Tablon para fondo	10	1,5	2,95	9,68	1	12,10	13,31	3	4,44	1,34	
Tablon costado 1	8	1,5	3,80	12,47	1	12,47	13,71	3	4,57	1,38	
Tablon costado 1	4	1,5	3,80	12,47	1	6,23	6,86	3	2,29	0,69	
Tablon costado 2	8	1,5	3,80	12,47	1	12,47	13,71	3	4,57	1,38	
Tablon costado 2	4	1,5	3,80	12,47	1	6,23	6,86	3	2,29	0,69	
Barrotes	3	2	0,50	1,64	10	8,20	9,02	7	1,29	0,39	
Cabezales	3	2	0,75	2,46	5	6,15	6,77	7	0,97	0,29	
Uniones S-P	2	1,5	0,30	0,98	5	1,23	1,35	5	0,27	0,08	
Tornapuntas	2	1,5	0,50	1,64	10	4,10	4,51	7	0,64	0,19	
Arriostres laterales	4	2	3,05	10,00	2	13,33	14,67	7	2,10	0,63	
Cuñas	4	2	0,30	0,98	5	3,28	3,61	5	0,72	0,22	
<b>Total de Madera en pie2 =</b>										<b>7,30</b>	
2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)											
Descripción	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad.	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.				
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	20	0,17	0,18	1	0,18	<b>0,06</b>				
3.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO (M2)											
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad	Desperdicio rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
	M. L.	Pies									
Rollizo de Ø4" x 12'.			5		5,25	9	0,58	<b>0,18</b>			
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVO (M <sup>2</sup> )											
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavo (Kg)	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.			
	M. L.	Pies									
Alambre # 8	1,4		6	0,92	1,06	1	1,06	0,32			
Alambre # 8	1,4		6	0,92	1,06	1	1,06	0,32			
<b>Total de Alambre # 8 en Kg. (m2) =</b>							<b>0,64</b>				
Clavo de 3"			80	0,44	0,51	2	0,26	0,08			
Clavo de 4"			10	0,11	0,12	2	0,06	0,02			
<b>Total de Clavo en Kg. (m2) =</b>							<b>0,10</b>				

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 46: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado - Viga (V-203)**

RENDIMIENTO DE HABILITADO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO									
Jornada:	8	UNID:	H/D						
Descripción	Área (m <sup>2</sup> .)	Min.	N° Horas	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Cuadrilla				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Habilitado.	3,31	22	0,37	72,17	0	1	1	0	3
Horas hombre					0,000	0,037	0,037	0,000	
Encofrado.		169	2,82	9,40	0,1	1	1	0	1
Horas hombre					0,085	0,851	0,851	0,000	
Desencofrado.	25	0,41	64,81	0	0	1	1	1	
Horas hombre					0,000	0,000	0,123		0,123
<b>Total Horas Hombre =</b>					0,085	0,888	1,012	0,123	

La eficiencia respecto al rendimiento y tiempo, en el encofrado de madera fue de 9,40 m<sup>2</sup>/día y el tiempo del encofrado de la viga V-203 con un área de 3,31 m<sup>2</sup> fue de 2,82 horas, este tiempo se obtuvo estando presente en el momento del encofrado. Teniendo como resultado un rendimiento no muy adecuado.

**Tabla 47: Análisis de precios unitarios - Viga (V-203).**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA VIGA - 203								
<b>PARTIDA: Encofrado de la Viga 203</b>								
Jornada:	8	UNID:	H/D		<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 50,32</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	7,297	S/. 2,20	S/. 16,05		31,90%		
Rollizo de Ø4" x 12'	Unid.	0,176	S/. 7,50	S/. 1,32		2,63%		
Alambre N° 8	kg.	0,640	S/. 3,60	S/. 2,31		4,58%		
Clavo de diferentes medidas	kg.	0,096	S/. 3,70	S/. 0,35		0,70%		
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	0,055	S/. 13,80	S/. 0,76		1,51%		
					<b>S/. 20,79</b>	<b>41,32%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Maestro de Obra	hh	0,085	S/. 14,74	S/. 1,26		2,49%		
Operario	hh	0,888	S/. 14,74	S/. 13,10		26,02%		
Oficial	hh	1,012	S/. 12,75	S/. 12,90		25,64%		
Peon	hh	0,123	S/. 11,46	S/. 1,41		2,81%		
					<b>S/. 28,67</b>	<b>56,97%</b>		
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	N°	h-Maquina	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 28,67	S/. 0,86		1,71%		
					<b>S/. 0,86</b>	<b>1,71%</b>		
					<b>TOTAL MATERIAL:</b>	<b>S/. 20,79</b>		
					<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>	<b>S/. 28,67</b>		
					<b>TOTAL EQUIPO:</b>	<b>S/. 0,86</b>		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 50,32</b>		

*Fuente: Elaboración Propia.*

### COLUMNA CON ENCOFRADO DE TRIPLAY.

En cuanto al encofrado de triplay fue implementado luego de que la supervisión observara serias deficiencias en la calidad de los elementos estructurales, construidos con encofrado de madera como cangrejeras, aristas fracturadas. No se tenía programado el encofrado con triplay esto genero mayores costos y el rendimiento disminuyo aún más por requerir mayor precisión y cuidado al ejecutar dicha partida.

Los cálculos y resultados que se obtuvo del *Encofrado con Triplay de una Columna representativa*, son los siguientes:

**Tabla 48: Cantidad de Madera y Triplay – Columna (C-5)**

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNAS CON TRIPLAY										
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNA C-5.										
Detalle de columna					Dimensión de columna					
					Tablero Lateral =	0,80	m			
					Tablero de Fondo 1=	0,25	m			
					Tablero de Fondo 2=	0,25	m			
					Costillar Lateral 1=	0,25	m			
					Costillar Lateral 2=	0,25	m			
					Costillar de Fondo 1=	0,25	m			
					Costillar de Fondo 2=	0,30	m			
					Costillar de Fondo 3=	0,25	m			
					Altura =	2,70	m			
<b>UM =</b>	<b>7,02</b>	<b>m2</b>								
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO (PIES TABLAR CUADRADO)										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	3,00	9,84	2	24,61	27,07	4	6,77	0,96
Listones bastidor	3	2	3,00	9,84	12	59,06	64,96	7	9,28	1,32
Listones bastidor	3	2	0,80	2,62	2	2,62	2,89	7	0,41	0,06
Listones bastidor	3	2	0,30	0,98	2	0,98	1,08	7	0,15	0,02
Barrotes	3	2	1,20	3,94	5	9,84	10,83	7	1,55	0,22
Barrotes	3	2	1,00	3,28	5	8,20	9,02	7	1,29	0,18
Barrotes	3	2	0,75	2,46	10	12,30	13,53	7	1,93	0,28
Barrotes	3	2	0,60	1,97	20	19,69	21,65	7	3,09	0,44
Ariostras	3	2	3,00	9,84	12	59,06	64,96	10	6,50	0,93
<b>Total de Madera en pie2 =</b>										<b>4,41</b>
2.- CANTIDAD DE PLANCHAS DE TRIPLAY (UNID.)										
Descripción	Espesor (mm.)	Longitud		Area (m2.)	Cantidad	Desperdicio Plancha triplay 10%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.	
		Largo (m)	Ancho (m)							
Plancha de triplay	19	2,44	1,22	6,561	2,20	2,42	4	0,61	<b>0,09</b>	
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripción	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Desmoldante (Chemalac Extra)	Gln.	15	0,47	0,51	2	0,26	<b>0,04</b>			
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO.										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicio rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Rollizo de Ø4" x 3.00m			3		3,15	9	0,35	<b>0,05</b>		
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavo en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,70		10	1,86	2,14	1	2,14	0,31		
Alambre # 8	1,40		20	2,19	2,52	1	2,52	0,36		
Alambre # 8	1,50		10	1,10	1,26	1	1,26	0,18		
Alambre # 8	1,90		5	0,55	0,63	1	0,63	0,09		
<b>Total Kg de Alambre # 8 para m2 =</b>								<b>0,93</b>		
Clavo de 2"			228	0,76	0,87	2	0,44	0,06		
Clavo de 3"			44	0,24	0,28	2	0,14	0,02		
Clavo de 4"			36	0,38	0,44	2	0,22	0,03		
<b>Total Kg de Clavo para m2 =</b>								<b>0,11</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 49: Rendimiento del habilitado, encofrado y desencofrado con triplay.**

RENDIMIENTO DE HABILITADO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO									
JORNADA	8	UNID:	H/D						
Descripción	Area (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Cuadrilla				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Habilitado.	7,02	312	5,20	10,80	0	1	1	0	4
Horas hombre					0,000	0,185	0,185	0,000	
Encofrado de columna		389,4	6,49	8,65	0,1	1	1	0	1
Horas hombre					0,092	0,925	0,925	0,000	
Desencofrado.		80,8	1,35	41,70	0,1	1	1	0	1
Horas hombre					0,019	0,192	0,192	0,000	
<b>Total Horas Hombre =</b>					<b>0,112</b>	<b>1,302</b>	<b>1,302</b>	<b>0,000</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 50: Análisis de precios unitarios de una columna con triplay.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE UNA COLUMNA C-5									
PARTIDA:	Encofrado y Desencofrado								
JORNADA	8	UNID:	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 61,87	TOTAL %	100,0%	
<b>1.- MATERIALES</b>									
Descripción del Recurso		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind.Unif.	
Madera corriente		Pie <sup>2</sup>	4,41	S/. 2,20	S/. 9,71	S/. 27,72	15,69%		
Triplay de 2,44 m x 1,22 m x 19 mm		Unid.	0,09	S/. 109,90	S/. 9,49		15,34%		
Rollizo de Ø4" x 3,00 m		Unid.	0,05	S/. 7,50	S/. 0,37		0,60%		
Alambre N° 8		kg.	0,93	S/. 3,60	S/. 3,36		5,43%		
Clavo de diferentes medidas		kg.	0,11	S/. 3,70	S/. 0,42		0,68%		
Desmoldante (Chemalac Extra)		Gln.	0,04	S/. 119,16	S/. 4,37		7,06%		
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 27,72</b>	<b>44,80%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>									
Descripción del Recurso		N°	h - H	Precio S/.	Parcial	Total	%	Ind.Unif.	
Maestro de Obra		hh	0,112	S/. 14,74	S/. 1,65	S/. 33,16	2,66%		
Operario		hh	1,302	S/. 12,75	S/. 16,59		26,82%		
Oficial		hh	1,302	S/. 11,46	S/. 14,92		24,11%		
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 33,16</b>	<b>53,59%</b>		
<b>3.- EQUIPO</b>									
Descripción del Recurso		N°	h - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind.Unif.	
Herramientas manuales.		% MO	3%	S/. 33,16	S/. 0,99	S/. 0,99	1,61%		
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 0,99</b>	<b>1,61%</b>		
						TOTAL MATERIAL:	S/. 27,72		
						TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 33,16		
						TOTAL EQUIPO:	S/. 0,99		
						<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 61,87</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

Para el encofrado de triplay el costo unitario para los materiales necesarios (triplay, madera, etc.) a utilizar es la suma de 27,72 nuevos soles para un metro cuadrado de una columna, para mano de obra es la suma de 33,16 nuevos soles para un metro cuadrado. El costo total del análisis de la columna de sección "T" es de 61,87 nuevos soles.

## 5.1.2. CÁLCULO Y RESULTADO DEL ENCOFRADO METÁLICO. COLUMNA REPRESENTATIVA.

*Tabla 51: Cantidad de materiales del encofrado metálico - Columna.*

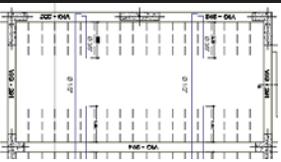
MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNAS CON PANEL METALICO								
PARTIDA: Encofrado de Columna Típica.								
Detalle de columna				Dimensión de columna				
				Tablero Lateral =	0,50	m		
				Tablero de Fondo =	0,25	m		
				Costillar Lateral =	0,50	m		
				Costillar de Fondo =	0,25	m		
				Altura =	3,20	m		
				UM =	4,80	m <sup>2</sup>		
1.- CANTIDAD DE ELEMENTOS PARA EL ENCOFRADO.								
Descripción	Cantidad de elementos (A)	Desperdicios por pérdidas de piezas $A \times (1 + \%) = B$		Nº usos (C)	Depreciacion por cada uso $(B/C) = D$	Para un m <sup>2</sup> . (D/UM)		
Panel 2,40 x 0,50 m.	2	0,00%	2,000	150	0,013	0,003		
Panel 1,20 x 0,50 m.	2	0,00%	2,000	150	0,013	0,003		
Panel 2,40 x 0,25 m.	2	0,00%	2,000	150	0,013	0,003		
Panel 1,20 x 0,25 m.	2	0,00%	2,000	150	0,013	0,003		
Esquinero externo 2,40 m.	4	0,00%	4,000	150	0,027	0,006		
Esquinero externo 1,20 m.	4	0,00%	4,000	150	0,027	0,006		
Grapas	76	0,83%	76,631	250	0,307	0,064		
Puntal telescópico 3,6 m.	4	0,00%	4,000	200	0,020	0,004		
Tuerca copa	24	0,41%	24,098	200	0,120	0,025		
2.- ELEMENTOS PARA EL ASEGURADO (UNID.)								
Descripción	longitud útil (m) (A)	Longitud (m) (B)	Cantidad (C)	Desperdicios por pérdidas de piezas $(A/B) \times C \times (1 + \%) = D$		Nº usos (E)	Depreciacion por cada uso $(D/E) = F$	Para un m <sup>2</sup> . (F/UM)
Barra metálica 4" x 2" x 0,60 m	0,60	6	6	0,00%	0,600	200	0,003	0,001
Barra metálica 4" x 2" x 1,00 m	1,00	6	6	0,00%	1,000	200	0,005	0,001
varilla rosca 5/8" x 0,60 m	0,60	3	6	0,28%	1,203	200	0,006	0,001
varilla rosca 5/8" x 1,00 m	1,00	3	6	0,28%	2,006	200	0,010	0,002
Acero corrugado de 1/2"	0,60	9	8	0,28%	0,535	200	0,003	0,001
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE								
Descripción	Unidad	Rendimiento (m <sup>2</sup> .)	Cantidad requerida	Desperdicio 5%	Nº usos	Unid/Nº usos	U. M.	
Desmoldante para encofrado	Gn.	45	0,11	0,12	1	0,12	<b>0,02</b>	
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M <sup>2</sup> .								
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicio rollizo 5%	Nº usos	Unid/Nº usos	U. M.
	M. L.	Pies						
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.			2		2,10	4	0,53	<b>0,11</b>
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> .								
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	Nº usos	Kg/Nº usos	U. M.
	M. L.	Pies						
Alambre # 8	0,8		8	0,70	0,81	1	0,81	0,17
<b>Total de Alambre # 8 para m<sup>2</sup> =</b>							<b>0,17</b>	

*Fuente: Elaboración Propia.*

El rendimiento de la columna del encofrado metálico, se tiene en la tabla N° 29 (en la I.E de Husao se tuvo un solo tipo de columnas en el bloque analizado) y el análisis de precios unitarios de una losa con encofrado metálico se tiene calculado, en la tabla N° 36.

## LOSA REPRESENTATIVA.

**Tabla 52: Aporte unitario de materiales del encofrado metálico - Losa.**

APORTE UNITARIO DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LOSA.										
PARTIDA: Encofrado de Losa			Ejecutor: Consorcio Oropesa San Martin.							
Detalle de columna				Dimensión de Losa						
				Longitud Eje (1 - 2) =		4,75		m		
				Longitud Eje (B - C) =		3,60		m		
				UM =		17,10		m <sup>2</sup>		
1.- CANTIDAD DE ELEMENTOS PARA EL ENCOFRADO.										
Descripción		Cantidad de elementos (A)		Desperdicios por perdidas de piezas $A \times (1 + \%) = B$		N° usos (C)		Depreciacion por cada uso (B/C) = D		Para un m <sup>2</sup> . (D/UM)
vigüeta extensible de 2,4 a 4,8m		8		0,000%		8,00		150		0,053
Puntal regulable de 3 m a 4 m.		10		0,000%		10,00		150		0,067
2.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO (PIES TABLAR CUADRADO)										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Soleras	4	2	3,05	10,00	5	33,33	36,67	4	9,17	0,54
Soleras	4	2	1,50	4,92	5	16,40	18,04	4	4,51	0,26
<b>Total de Madera en pie tablar =</b>										<b>0,80</b>
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE.										
Descripción		Presentacion		Rendimiento (m2.)		Cantidad requerida		Desperdicio 5%		N° usos
Desmoldante para encofrado		Gln.		45		0,38		0,42		1
Cinta de embalaje		Rollo		50		0,34		0,38		1
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO.										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,5		10	1,64	1,89	1	1,89	<b>0,11</b>		
<b>Total de Alambre # 8 para m2 =</b>								<b>0,11</b>		
Clavo de 2"			44	0,15	0,17	1	0,17	<b>0,01</b>		
<b>Total de Clavo para un m2=</b>								<b>0,01</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 53: Rendimiento encofrado y desencofrado con encofrado metálico.**

RENDIMIENTO DE HABILITADO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO.									
JORNADA	8	UNID:	H/D	Rendimiento	CUADRILLA				N° usos
Encofrado de Losa	Area (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)		Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Encofrado.	17,10	187,125	3,12	43,86	0,100	0,000	1,000	1,000	1
Horas hombre					0,018	0,000	0,182	0,182	
Desencofrado.		97,375	1,62	84,29	0,100	0,000	1,000	1,000	1
Horas hombre					0,009	0,000	0,095	0,095	
<b>Total Horas Hombre =</b>					<b>0,028</b>	<b>0,000</b>	<b>0,277</b>	<b>0,277</b>	
Cantidad hh =( cuadrilla * Jornada)/rendimiento Parcial = Cantidad * Precio									

Fuente: Elaboración Propia.

En el rendimiento y tiempo del encofrado metálico fue muy elevado por que los paneles ya son prefabricados y el personal obrero eran eventuales, por ellos se veían a dar todo de ellos así podían asegurar a que se siga contratando. De la misma manera se tiene el análisis de precio unitario en la tabla N°38.

## VIGA REPRESENTATIVA.

**Tabla 54:** Aporte unitario de materiales del encofrado metálico - Viga.

APORTE UNITARIO DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE VIGAS.										
PARTIDA:					Encofrado de Viga					
Detalle de la Viga					Dimensión de la Viga					
					Tablero Lateral =	0,40	m			
					Tablero de Fondo =	0,25	m			
					Costillar Lateral =	0,40	m			
					Longitud =	7,45	m			
					UM =	7,82	m <sup>2</sup>			
<b>1.- CANTIDAD DE ELEMENTOS PARA EL ENCOFRADO.</b>										
Descripción	Cantidad de elementos (A)	Desperdicios por pérdidas de piezas Ax(1+%) = B		Nº usos (C)	Depreciación por cada uso (B/C) = D		Para un m <sup>2</sup> . (D/UM)			
Panel 2,40 x 0,40 m.	5	0,00%	5,00	150	0,033		0,004			
Panel 1,20 x 0,40 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013		0,002			
Panel 2,40 x 0,25 m.	5	0,00%	5,00	150	0,033		0,004			
Esquinero externo 1,20 m.	4	0,00%	4,00	150	0,027		0,003			
Esquinero interno 0,60 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013		0,002			
Grapas	48	0,83%	48,40	250	0,194		0,025			
Tuerca copa	24	0,41%	24,10	200	0,120		0,015			
Puntal regulable de 3 a 4 m.	10	0,00%	10,00	150	0,067		0,009			
<b>2.- ELEMENTOS PARA EL ASEGURADO.</b>										
Descripción	longitud útil (m) (A)	Longitud (m) (B)	Cantidad (C)	Desperdicios por pérdidas de piezas (A/B)xCx(1+%) = D		Nº usos (E)	Depreciación por cada uso (D/E) = F		Para un m <sup>2</sup> . (F/UM)	
Barra metálica 4" x 2" x 0,60 m.	0,60	6	12	0,000%	1,200	200	0,006		0,0008	
Varilla rosca 5/8" x 0,60 m.	0,60	3	6	0,278%	1,203	200	0,006		0,0008	
<b>3.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO (PIES TABLAR CUADRADO)</b>										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem. (C)	Pies <sup>2</sup> (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10) = (E)	Nº usos (G)	Pies <sup>2</sup> /Nº usos (E/G) = (H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Cabezales	3	2	0,60	1,97	10	9,84	10,83	4	2,71	0,35
<b>Total de Madera en pie tablar =</b>										<b>0,35</b>
<b>4.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE.</b>										
Descripción	Presentación	Rendimiento (m <sup>2</sup> .)	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	Nº usos	Unid/Nº usos	U. M.			
Desmoldante para encofrado	Gln.	45	0,17	0,19	1	0,19	<b>0,02</b>			
<b>5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M<sup>2</sup> DE ENCOFRADO.</b>										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	Nº usos	Kg/Nº usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,5		8	1,32	1,51	1	1,51	0,19		
<b>Total de Alambre # 8 para m<sup>2</sup> =</b>										<b>0,19</b>
Clavo de 3"			24	0,13	0,15	2	0,08	0,01		
<b>Total de Clavo para un m<sup>2</sup> =</b>										<b>0,01</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de precios unitarios de una Viga con encofrado metálico, se muestra en la tabla N°37, y Rendimiento encofrado y desencofrado con encofrado metálico, se muestra en la tabla N°30.

***¿Cuál será el comportamiento estructural del encofrado metálico con respecto al encofrado de madera durante el vaciado del concreto en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?***

En las obras que obtenemos datos para el análisis de nuestro tema de tesis, no se nos permitió analizar el comportamiento estructural con instrumento alguno (reloj comparador) sino únicamente de forma visual; esto debido a las condiciones sub estándares de seguridad al que estuviésemos expuestos los tesisistas, por ello se realizó dos columnas a escala real en el laboratorio de la escuela profesional ingeniería civil – UNSAAC.

Las columnas se describen en el capítulo IV, se realizó un análisis del comportamiento estructural.

Con el uso de encofrados metálicos como estructuras temporales se observó que presentan mayor resistencia y con ello mayor seguridad para el personal obrero.

A continuación, podemos ver algunas imágenes del comportamiento estructural del sistema de encofrados mixto, el cual fue vaciado con bomba de concreto con pluma el cual fallo por alta presión que genera al caer el concreto de mayor altura, esto tiene que ver con el clima, velocidad de vaciado, presión generada, etc. Estas fotos fueron tomadas en el mes de Junio y Julio que fue en tiempo de helada.

***Figura N° 54: Fotografías del comportamiento estructural de una columna.***



## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

#### 6.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.

##### 6.1.1. ESTUDIO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

Los encofrados de madera y encofrados metálicos son sometidos a diferentes variables que pueden afectar tanto su funcionamiento como durabilidad en el campo de trabajo, para conocerlas se hace una evaluación funcional como técnica del uso de estos sistemas de encofrados.

##### 6.1.2. EVALUACIÓN FUNCIONAL.

Los criterios tomados en esta evaluación fueron tomados por factores de integridad que presentan los diferentes sistemas en cuanto a los factores climáticos y mecánicas, adicional a esto la seguridad que presentan y la flexibilidad que tienen estos para ajustarse a los proyectos estructurales.

En cuanto al factor climático en la ciudad del Cusco, se realizó una investigación, en Huasao – Oropesa en el mes de Junio y Julio del 2017, donde se llega a la conclusión que para temperaturas altas y bajas el encofrado metálico no es el más adecuado pues el metal no tiene la propiedad de ser un material térmico en cambio la madera tiene la propiedad de ser un material térmico por consiguiente es necesario tomar las medidas preventivas para climas extremos.

En general se podría afirmar que son condiciones extremas de temperatura para el concreto cuando la temperatura ambiental está por debajo de 05 °C y superior a los 28 °C.

Cuando la temperatura del concreto fresco es demasiado bajo el agua libre se convierte en hielo aumentando de volumen que en estado sólido rompe la débil adherencia entre las partículas del concreto si aún no se iniciado el proceso de endurecimiento. Así mismo debido a las bajas temperaturas se produce una disminución de la actividad de reacción química o en caso muy extremo llega a detenerse la reacción química.

Estos ciclos de congelamiento y deshielo pueden afectar gravemente la calidad final del concreto aun cuando ya se haya iniciado el proceso de endurecimiento

La resistencia mínima para que no se produzca un disminución significativa en la resistencia final del concreto debido al proceso de congelamiento y deshielo es de 35 kg/cm<sup>2</sup> (ACI o BS8110), por lo cual es de vital importancia proveer la protección adecuada durante las primeras horas hasta lograr esta resistencia mínima, otras alternativas son que los

vaciados no se realicen por la tarde pasado las 4 pm en climas muy fríos o en todo caso calentar el agua de vaciado a temperaturas de 70 °C (Proyecto Sub Estación Eléctrica de Cotaruse – Aymaraes – Apurímac)

Así mismo en la norma Peruana E-060 obliga a tener en campo equipos adecuados para el calentar el agua de amasado y/o agregados para el preparado de concreto, así como para proteger el concreto durante el transporte y colocado cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 05 °C

A temperaturas altas el encofrado metálico no es tan adecuado puesto que el elevado ritmo de evaporación puede inducir a una temprana fisuración por retracción plástica o secado y el ritmo de evaporación puede también eliminar el agua de la superficie necesaria para la hidratación de a menos que empleen métodos adecuados de curado.

La ciudad del Cusco tiene diferentes climas; las obras del cual se obtiene los datos está ubicado en un clima templado (húmedos y secos), este clima abarca los valles interandinos que dominan la zona central del territorio cusqueño, donde la diferencia en humedad está marcada por la ubicación en la vertiente. Es decir, la cercanía al oriente implica más humedad, mientras que la proximidad al occidente implica mayor sequedad.

Las temperaturas son:

- ✓ Máxima: hasta 29 °C.
- ✓ Mediana: entre 11 °C y 16 °C.
- ✓ Mínima: entre 7 °C y -4 °C

En los Climas Fríos (húmedos y secos), no conviene utilizar el encofrado metálico porque se dan los inconvenientes mencionados principalmente, en las zonas altas de los valles, en las punas y en las regiones que rodean a los glaciares; es decir, en áreas que se encuentran por encima de los 3 800 m.s.n.m. y sus Temperaturas son:

- ✓ Máxima: hasta 10 °C
- ✓ Mediana: varían conforme la altitud.
- ✓ Mínima: bajo los 0 °C

La evaluación funcional del encofrado de madera y encofrado metálicos, se da a conocer en las siguientes tablas:

**Tabla 55: Evaluación funcional del encofrado de madera.**

FACTORES		COMPORTAMIENTO			JUSTIFICACIÓN
		Alta	Media	Baja	
<b>Integridad</b>	Numero de usos.			X	El uso del encofrado, en promedio es de 4 usos.
	<i>Factor Climático (Clima Templado):</i>				La madera sufre mayor deterioro ante los factores climáticos.
	Agua			X	
	Sol			X	
	Viento	X			
<b>Seguridad</b>	Resistencia		X		Tiene que utilizarse buena madera y tener un mantenimiento adecuado
	<i>Factores Indirectos:</i>				
	Contaminación			X	
	Fuego			X	
<b>Flexibilidad</b>	Ajustarse a dimensiones			X	Posibilidad de ajustarse a otros elementos siempre que sean maderas en buen estado y crea mucho desperdicio.
	Encofrado y desencofrado		X		

**Tabla 56: Evaluación Funcional del Encofrado Metálico.**

FACTORES		COMPORTAMIENTO			JUSTIFICACIÓN
		Alta	Media	Baja	
<b>Integridad</b>	Nº de usos.	X			Reutilizable varias veces
	<i>Factor Climático (Clima Templado):</i>				El Comportamiento ante los factores climáticos no es muy bueno cuando está en proceso de encofrado.
	Agua		X		
	Sol		X		
	Viento		X		
<b>Seguridad</b>	Resistencia	X			Resisten muy bien tanto a las cargas como las acciones externas que les puede afectar.
	<i>Factores Indirectos:</i>				
	Contaminación	X			
	Fuego	X			
<b>Flexibilidad</b>	Ajustarse a Dimensiones	X			Fácil adaptación a cualquier proyecto estructural teniendo en cuenta las dimensiones para su modulación.
	Encofrado y desencofrado		X		

*Fuente: Adaptado de Oribe.*

### 6.1.3. EVALUACIÓN TÉCNICA.

La evaluación técnica corresponde a todos aquellos elementos que hacen viable la elección de uno u otro sistema de encofrados como por ejemplo la durabilidad, transporte en obra, control de calidad, posibilidades de reutilización entre otros.

**Tabla 57: Evaluación Técnica del Encofrado de Madera.**

Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Facilidad de transporte		X		Se transporta ensamblado.
Facilidad de Almacenamiento			X	Guardar en lugares secos libres de humedad, se embarquilla con facilidad.
Cuidados en la Manipulación		X		Se deteriora con facilidad durante el montaje (clavado).
Cantidad de Mano de obra	X			Cuadrilla de un operario y oficial, según las dimensiones de cada elemento estructural, esto puede variar.
Calidad de Mano de obra	X			Son necesarios maestros carpinteros.
Rendimiento de Montaje	X			Un proceso largo debido a todos los requisitos para garantizar su correcto funcionamiento
Control de Calidad	X			Aseguramiento de piezas de refuerzo y arriostamiento.
Elementos que necesitan de Mantenimiento		X		Los tableros se tienen que aplicar con petróleo u otros aditivos.
Frecuencia de Mantenimiento	X			Consecutivo cada vez que se utiliza el encofrado
Necesidad de Técnicas Especiales		X		Debido a la modificación necesaria que requieran para ajustarse a las dimensiones del elemento a encofrar

*Fuente: Adaptado de Oribe.*

**Tabla 58: Evaluación Técnica del Encofrado Metálico.**

Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Facilidad de transporte	X			Desarmable por piezas para aligerar el peso son mano portables.
Facilidad de Almacenamiento	X			Guardar con la aplicación de pintura anticorrosiva no se deteriora en medio ambiente con facilidad.
Cuidados en la Manipulación		X		Evitar golpear y tironear las formaletas
Cantidad de Mano de obra			X	Debido a que el sistema es sencillo de acoplar y mano portable.
Calidad Mano de obra			X	No requiere de alta especialización por reducirse a un simple montaje de piezas.
Rendimiento de Montaje	X			El sistema de ensamblaje se hace por medio de cuñas.
Control de Calidad	X			Conexiones en correcto funcionamiento
Elementos de Mantenimiento		X		Latoneado y soldadura
Frecuencia de Mantenimiento		X		Limpiar bien para evitar residuos de concreto después de cada desencofrado
Necesidad de Técnicas Especiales			X	Sencillo y repetitivo de ensamblar

*Fuente: Adaptado de Oribe.*

## 6.2. DIFERENCIAS DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS.

Las diferencias de los Encofrados, se tiene como ventajas y desventajas; se realizó una relación de la siguiente manera:

*Tabla 59: Diferencias del sistema de encofrados.*

<b>Encofrados de Madera.</b>	<b>Encofrados Metálicos.</b>
Construcción de encofrados en obra, con dimensiones precisas para los elementos estructurales.	Fabricación fuera de obra por empresas especializadas para garantizar la exactitud en las piezas.
Genera mucho desperdicio al hacer, tanto reparaciones como ajustes, para poder utilizarla en otro elemento estructural.	No genera desperdicio en obra.
Por su poco peso es de fácil transporte en obra.	Fácil transporte en obra, ya que se diseña el módulo para que un solo obrero pueda manipular una formaleta.
Posibilidad en usos es de pocas veces, dependiendo del trato en la manipulación del sistema.	Posibilidad en usos es de 150 veces aproximadamente, dependiendo del trato en la manipulación del sistema.
Conexión por medio de clavos y alambres, haciendo un procedimiento difícil a un ritmo lento a la vez deteriora la madera.	Conexión por medio de pasadores, haciendo un procedimiento simple a un ritmo acelerado.
Acabados depende del número de usos de la madera a lo largo de la vida útil del encofrado	Acabados concretos visto a lo largo de la vida útil del encofrado y depende mucho del trato y mantenimiento que se da al encofrado.
Rentable en pequeñas empresas.	Rentable en empresas grandes.
El costo inicial es económico.	El costo inicial es muy caro.
No es de fácil adaptación a otras dimensiones.	La modulación de la formaleta se hace de fácil adaptación a otros elementos estructurales.
Al armar el encofrado tiene muchos controles tanto de seguridad como técnico para el correcto funcionamiento.	Al armar el encofrado tiene controles solo de seguridad, para el correcto funcionamiento.
No posee piezas pequeñas.	Posee piezas pequeñas que se extravían fácilmente.

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 6.3. COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

De la investigación que se realizó en obra se obtuvo el siguiente resultado de la comparación de los dos sistemas de encofrados.

#### 6.3.1. COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS.

Los encofrados metálicos tienen elementos fabricados con exactitud, donde las piezas vienen totalmente elaboradas que permiten un ensamble rápido en obra, permitiendo un aumento del rendimiento en un 50 % aproximadamente, más en comparación del encofrado de madera, considerando desde la elaboración en obra del encofrado de madera.

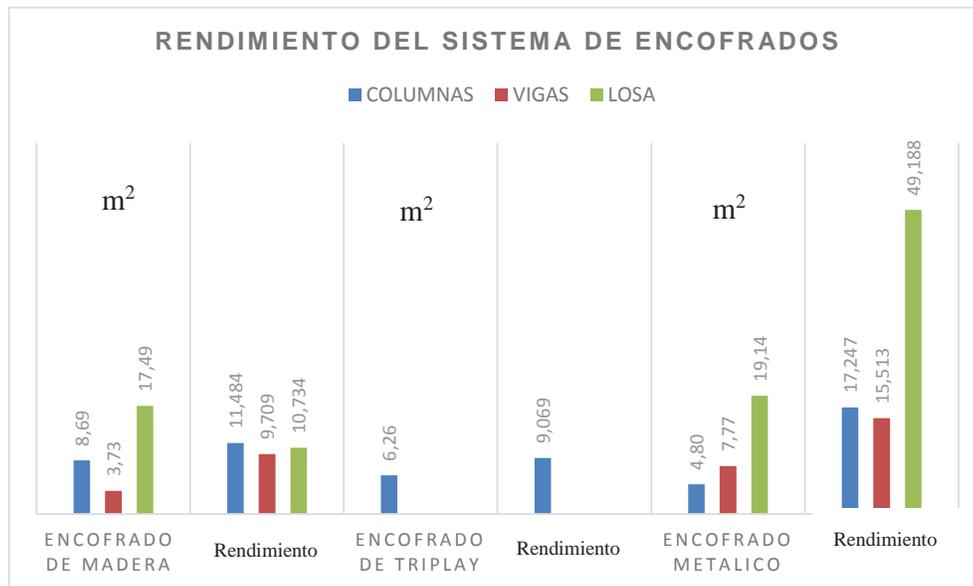
En el encofrado metálico no requiere de un personal especializado si no de un obrero con previa capacitación, en comparación del encofrado de madera que requiere de un maestro carpintero para la elaboración de las formas de madera y ensamblado.

**Tabla 60:** Cuadro de comparación de Rendimientos.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado de Triplay		Encofrado Metálico	
	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)
<b>COLUMNAS</b>	8,69	11,484	6,26	9,069	4,80	17,247
<b>VIGAS</b>	3,73	9,709	-	-	7,77	15,513
<b>LOSA</b>	17,49	10,734	-	-	19,14	49,188

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Gráfico N° 18:** Comparación de Rendimientos.



*Fuente: Elaboración Propia.*

### 6.3.2. COMPARACIÓN DE TIEMPOS.

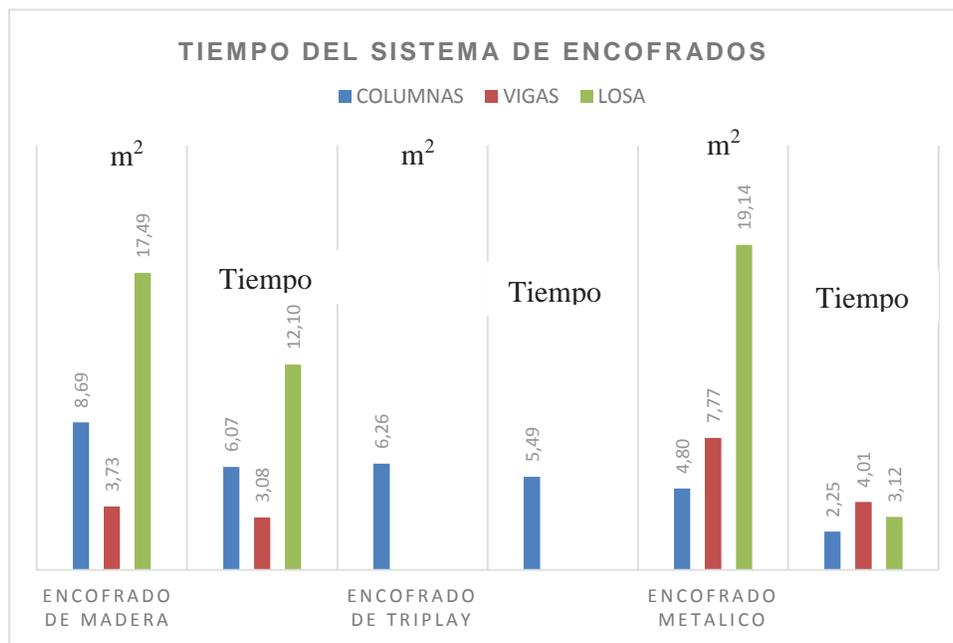
Considerando el rendimiento del encofrado metálico, este supera al encofrado de madera, el cual genera menor tiempo invertido con respecto al encofrado de madera.

**Tabla 61:** Cuadro de comparación del Tiempo de Encofrado.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado de Triplay		Encofrado Metálico	
	Área (m <sup>2</sup> )	Tiempo (horas)	Área (m <sup>2</sup> )	Tiempo (horas)	Área (m <sup>2</sup> )	Tiempo (horas)
<b>COLUMNA</b>	8,69	6,07	6,26	5,49	4,80	2,25
<b>VIGAS</b>	3,73	3,08			7,77	4,01
<b>LOSA</b>	17,49	12,10			19,14	3,12

*Fuente:* Elaboración Propia.

**Gráfico N° 19:** Comparación de Tiempos.



*Fuente:* Elaboración Propia.

### 6.3.3. COMPARACIÓN DEL NUMERO DE USOS.

Los encofrados metálicos presentan mayor vida útil, debido al material con que están fabricados, generan mejores ventajas en cuanto a costos a lo largo del tiempo y requiere menor mantenimiento. En cambio, el encofrado de madera genera mayores costos.

Otra ventaja del metal es la mínima producción de residuos en comparación con la madera que genera desperdicios en cada uso.

En cuanto a la relación del número de usos, se sabe que la madera tiene alrededor de 4 a 7 usos, después de los cuales se tiene que renovar nuevamente, el cual se va acumulando el gasto de inversión, hasta que, en un momento el acumulado en gastos por compra de madera va a superar a la inversión única inicial que se realizó en el encofrado metálico.

**Tabla 62:** Comparación del número de Usos.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado Metálico	
	Numero de usos	Tipo de material	Numero de usos	Marca o fabricante
COLUMNAS	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX
VIGAS	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX
LOSA	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX

*Fuente:* Elaboración Propia (la especificación técnica se tiene en el anexo N°4)

### Determinación del Número de Usos del Sistema de Encofrados.

El uso de encofrado metálico tiene muchas ventajas y que su desventaja es su alto costo de adquisición. Se analizará a partir de cuantos elementos (columnas, placas y muros de corte) similares es recomendable su adquisición.

Para el análisis se tomó el elemento estructural columnas, construidas en la I.E. Primaria 50500 San Martín de Porres del centro poblado de Huasao; estas fueron 145 columnas que representan el 66,21% (96), de estas tienen una dimensión de 0,25 x 0,50 m. y un 15,17% (22) son columnas circulares y el restante de columnas a excepción de las que tienen sección T o L que representan el 6,21% (09) son columnas o placas cuyas dimensiones son de 0,25 m. el cual su modulación resulta sencilla con las formaletas utilizadas para columnas de 0,25 x 0,50m. De igual manera, se analiza para el encofrado de madera que se obtuvo datos de la I.E. Chachacomayoc.

**Primer Caso:** Analizamos para un m<sup>2</sup> de encofrado la columna de 0,25 m x 0,50 m por ser la más representativa del proyecto, se realiza el análisis de costo unitario para cada situación, una para encofrado de madera y encofrado metálica.

**Tabla 63: Aporte Unitario de materiales del encofrado de madera.**

APORTE UNITARIO DE MATERIALES PARA ENCOFRADO CON MADERA												
Partida: Encofrado de columna C-1 (0,25 X 0,50 m)												
Detalle de columna					Dimensiones de la columna							
					Componente	longitud	P/Anch	Area	Unid.			
					Tablero lateral	3,20	0,5	1,60				
					Tablero fondo	3,20	0,25	0,80	m <sup>2</sup> .			
					Costillar lateral	3,20	0,50	1,60	m <sup>2</sup> .			
					Costillar fondo	3,20	0,25	0,80	m <sup>2</sup> .			
									U.M. =	4,80	m <sup>2</sup> .	
<b>1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO (PIES TABLAR CUADRADO)</b>												
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies 2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10%	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)		
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)								
Tablones	8	1,5	3,20	10,50	6	62,99	69,29	4	17,32	3,61		
Tablones	10	1,5	3,20	10,50	2	26,25	28,87	4	7,22	1,50		
Barrotes	3	2	0,75	2,46	14	17,22	18,95	7	2,71	0,56		
Barrotes	3	2	0,60	1,97	14	13,78	15,16	7	2,17	0,45		
Puntales	3	2	3,04	9,97	6	29,92	32,91	7	4,70	0,98		
<b>Total de Madera en Pies Tablar =</b>										<b>7,11</b>		
<b>2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)</b>												
Descripción	Presentacion	Rendimiento (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.					
Desmoldante para madera	Gln.	20	0,24	0,26	1	0,26	<b>0,06</b>					
<b>3.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)</b>												
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicio Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.				
	M. L.	Pies										
Rollizo Ø4" x 12'.			2		2,10	9	0,23	<b>0,05</b>				
<b>4.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M<sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)</b>												
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.				
	M. L.	Pies										
Alambre # 8	1,7		24	4,47	5,14	1	5,14	1,07				
Alambre # 8	1,4		24	3,68	4,24	1	4,24	0,88				
<b>Total Kg de Alambre # 8 para un m2 =</b>										<b>1,95</b>		
<b>5.- CANTIDAD DE CLAVO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (KG.)</b>												
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.				
	M. L.	Pies										
Clavo de 3"			112	0,62	0,72	2	0,36	0,07				
Clavo de 4"			24	0,26	0,29	2	0,15	0,03				
<b>Total Kg de Clavo de diferentes medidas para un m2 =</b>										<b>0,11</b>		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 64: Horas hombre del encofrado de madera.**

JORNADA	8	UNID:	H/D						
Descripcion	Área (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /dia)	CUADRILLA				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Habilitado.	4,80	107	1,78	21,53		1	1	0	4
Horas hombre					0,000	0,093	0,093	0,000	
Encofrado		221	3,68	10,43		1	1	0	1
Horas hombre					0,000	0,767	0,767	0,000	
Desencofrado.	50	0,83	46,08		1	1		1	
Horas hombre				0,000	0,174	0,174	0,000		
<b>Total Horas Hombre =</b>					0,000	1,034	1,034	0,000	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 65: Costo Unitario del encofrado de madera.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS								
RENDIMIENTO	m2/día				COSTO UNITARIO	S/. 54,68	TOTAL	100,00%
JORNADA	8	UNID:	H/D					
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	7,11	S/. 2,20	S/. 15,64		28,59%		
Rollizo Ø4" x 12'	Unid.	0,05	S/. 7,50	S/. 0,36		0,67%		
Alambre N° 8	kgr.	1,95	S/. 4,20	S/. 8,21		15,01%		
Clavo de 3"	kgr.	0,07	S/. 4,20	S/. 0,31		0,57%		
Clavo de 4"	kgr.	0,03	S/. 4,20	S/. 0,13		0,23%		
Desmoldante para madera (petroleo)	Gln.	0,06	S/. 13,80	S/. 0,76		1,39%		
<b>Total =</b>					<b>S/. 25,41</b>	<b>46,47%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Operario	hh	1,034	S/. 14,74	S/. 15,24		27,87%		
Oficial	hh	1,034	S/. 12,75	S/. 13,18		24,11%		
<b>Total =</b>					<b>S/. 28,42</b>	<b>51,97%</b>		
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - Maq.	Alq. hora	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 28,42	S/. 0,85		1,56%		
<b>Total =</b>					<b>S/. 0,85</b>	<b>1,56%</b>		
TOTAL MATERIAL:					S/. 25,41			
TOTAL MANO DE OBRA:					S/. 28,42			
TOTAL EQUIPO:					S/. 0,85			
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 54,68</b>			

Fuente: Elaboración propia.

**Aporte Unitario de materiales, Horas hombre y Costo unitario del encofrado metálico.**

El aporte unitario del encofrado de la columna, ya se dio a conocer en la tabla N° 51 de la misma manera horas hombre y el costo unitario, porque en el encofrado metálico se tuvo un solo tipo y de la misma sección de columnas (bloque A).

Al observar el Análisis de Costo Unitario para cada tipo de encofrado, de un mismo elemento se tiene una diferencia de costos esto conlleva a analizar a partir de cuantos elementos estructurales de similar geometría es *recomendable adquirir*.

**Tabla 66: Variación del Costos en función al número de Usos.**

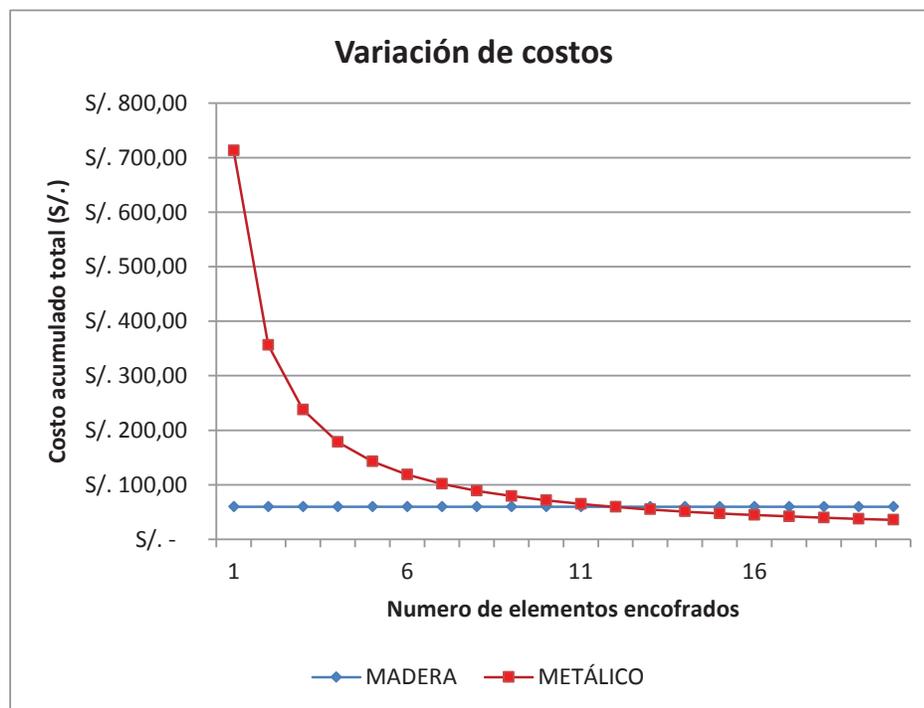
USOS	ENCOFRADO			
	MADERA		METÁLICO	
	Costo unitario para un m2 de encofrado de columna (S/.)	Rendimiento (m2/día)	Costo unitario para un m2 de encofrado de columna. (S/.)	Rendimiento (m2/día)
1	S/. 54,68	10,43	S/. 712,86	16,54
2	S/. 54,68	10,43	S/. 356,43	16,54
3	S/. 54,68	10,43	S/. 237,62	16,54
4	S/. 54,68	10,43	S/. 178,22	16,54
5	S/. 54,68	10,43	S/. 142,57	16,54
6	S/. 54,68	10,43	S/. 118,81	16,54
7	S/. 54,68	10,43	S/. 101,84	16,54
8	S/. 54,68	10,43	S/. 89,11	16,54
9	S/. 54,68	10,43	S/. 79,21	16,54
10	S/. 54,68	10,43	S/. 71,29	16,54

Tabla 66: Variación del Costos en función al número de Usos.

11	S/.	54,68	10,43	S/.	64,81	16,54
12	S/.	54,68	10,43	S/.	59,41	16,54
13	S/.	54,68	10,43	S/.	54,84	16,54
14	S/.	54,68	10,43	S/.	50,92	16,54
15	S/.	54,68	10,43	S/.	47,52	16,54
16	S/.	54,68	10,43	S/.	44,55	16,54
17	S/.	54,68	10,43	S/.	41,93	16,54
18	S/.	54,68	10,43	S/.	39,60	16,54
19	S/.	54,68	10,43	S/.	37,52	16,54
20	S/.	54,68	10,43	S/.	35,64	16,54
21	S/.	54,68	10,43	S/.	33,95	16,54
22	S/.	54,68	10,43	S/.	32,40	16,54
23	S/.	54,68	10,43	S/.	30,99	16,54
24	S/.	54,68	10,43	S/.	29,70	16,54
25	S/.	54,68	10,43	S/.	28,51	16,54

Fuente: Elaboración propia.

Grafico N° 20: Variación de costos en función al número de usos (m2).

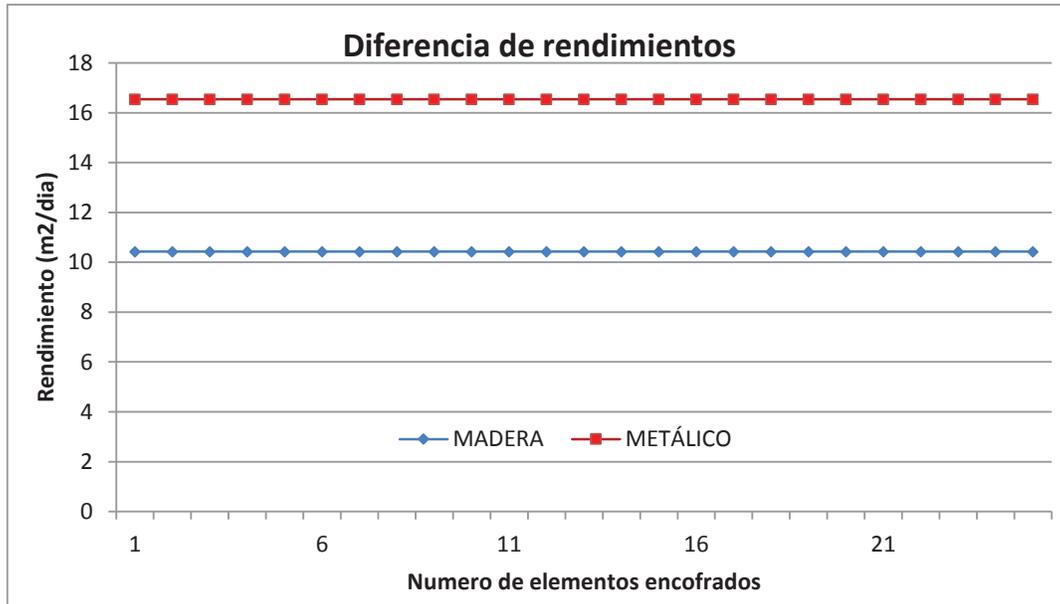


Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar la variación de costos en función al número de usos que se le da al encofrado metálico, a mayor número de elementos estructurales encofrados mucho menor será el costo por m2. El punto de inflexión con el uso de encofrados de madera y encofrado metálico, se da a partir del uso número 13, esto indica que si tenemos un proyecto con elementos estructurales similares (columnas, placas o muros de corte) será recomendable su

adquisición siempre y cuando se tenga un número mayor a 13 elementos estructurales de similar geometría, caso contrario resultará más económico el uso de la madera para los trabajos de encofrado.

*Grafico N° 21: Diferencia de rendimientos.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se puede observar una marcada diferencia de rendimientos con el uso de encofrados convencionales con madera y el encofrado con formaletas metálicas.

**Segundo Caso:** Analizamos para la misma columna de 0,25 m x 0,50 m, considerando material necesario con una cuadrilla conformada de un oficial y peón, dicha cuadrilla tiene un rendimiento de 19,2 m<sup>2</sup> (04 columnas) y de igual manera para el encofrado de madera, en este caso la cuadrilla conformada será de un operario y oficial. Se seguirá los siguientes pasos para determinar el número de usos del sistema de encofrados:

1.- Analizar para un primer uso ambos sistemas de encofrado, para ello se tendrá el costo total de materiales y mano de obra, considerando que al día se encobra 19,2 m<sup>2</sup>.

2.- Analizar para un segundo uso, el cual solo se está reutilizando ambos tipos de encofrado y esto seguirá hasta agotar el número de usos que pueda durar.

3.- Realizar la equivalencia del mismo número de obreros para encofrar columnas con formaletas de madera y metal

4.- Considerar una vida útil de cinco usos de los encofrados de madera y 150 usos para encofrados metálicos esto de manera muy conservadora.

5.- Graficamos ambos sistemas de encofrados de las columnas para determinar el costo acumulado y el número de usos que se da en el punto de inflexión.

**Tabla 67: Costo unitario del encofrado de madera para un solo uso.**

ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA COLUMNA DE 4,8 M2 (PRIMER ENCOFRADO)							
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Madera corriente	Pie <sup>2</sup>	165,18	S/. 2,20	S/. 363,40		664,55%	
Rollizo Ø4" x 12'	Unid.	2,00	S/. 7,50	S/. 15,00		27,43%	
Alambre N° 8	kgr.	9,38	S/. 4,20	S/. 39,40		72,06%	
Clavo de 3"	kgr.	0,36	S/. 4,20	S/. 1,50		2,75%	
Clavo de 4"	kgr.	0,15	S/. 4,20	S/. 0,62		1,13%	
Desmoldante para madera (petróleo)	Gln.	0,26	S/. 13,80	S/. 3,64		6,66%	
					<b>S/. 423,56</b>	<b>774,58%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Operario	hh	4,963	S/. 14,74	S/. 73,15		133,77%	
Oficial	hh	4,963	S/. 12,75	S/. 63,27		115,71%	
					<b>S/. 136,42</b>	<b>249,47%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - Maquina	Alq. hora	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 136,42	S/. 4,09		7,48%	
					<b>S/. 4,09</b>	<b>7,48%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 423,56	
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 136,42	
					TOTAL EQUIPO:	S/. 4,09	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 564,07</b>	Inicial

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se analiza el costo unitario, para un solo uso de encofrado convencional con madera.

**Tabla 68: Costo unitario del encofrado de madera para un 2do encofrado.**

ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA COLUMNA DE 4,8 M2 (SEGUNDO ENCOFRADO)							
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Alambre N° 8	kgr.	9,38	S/. 4,20	S/. 39,40		72,06%	
Clavo de 3"	kgr.	0,09	S/. 4,20	S/. 0,38		0,69%	
Clavo de 4"	kgr.	0,07	S/. 4,20	S/. 0,31		0,56%	
Desmoldante para madera (petróleo)	Gln.	0,26	S/. 13,80	S/. 3,64		6,66%	
					<b>S/. 43,73</b>	<b>79,97%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Operario	hh	4,963	S/. 14,74	S/. 73,15		133,77%	
Oficial	hh	4,963	S/. 12,75	S/. 63,27		115,71%	
					<b>S/. 136,42</b>	<b>249,47%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>							
Descripción del Recurso	N°	h - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales.	% MO	3%	S/. 136,42	S/. 4,09		7,48%	
					<b>S/. 4,09</b>	<b>7,48%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 43,73	
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 136,42	
					TOTAL EQUIPO:	S/. 4,09	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 184,24</b>	Siguientes usos

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro se analiza el costo teniendo todo el material necesario para encofrar y considerando el material no reutilizable como alambre, clavo etc.

**Tabla 69: Costo unitario de encofrado metálico para un 1er encofrado.**

ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA COLUMNA DE 4,8 M2 (PRIMER ENCOFRADO)							
1.- MATERIALES							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Panel 2,40 x 0,50 m.	Unid.	2,000	S/. 307,82	S/. 615,64		2571,33%	
Panel 1,20 x 0,50 m.	Unid.	2,000	S/. 184,41	S/. 368,82		1540,44%	
Panel 2,40 x 0,25 m.	Unid.	2,000	S/. 193,33	S/. 386,66		1614,96%	
Panel 1,20 x 0,25 m.	Unid.	2,000	S/. 126,98	S/. 253,96		1060,71%	
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	4,000	S/. 60,00	S/. 240,00		1002,40%	
Esquinero externo 1,20 m.	Unid.	4,000	S/. 40,00	S/. 160,00		668,27%	
Grapas	Unid.	76,000	S/. 6,54	S/. 497,04		2075,98%	
Puntal telescópico 3,6 m.	Unid.	4,000	S/. 115,00	S/. 460,00		1921,27%	
Tuerca copa	Unid.	24,000	S/. 5,00	S/. 120,00		501,20%	
Barra metálica 4" x 2" 0,60 m.	Unid.	6,000	S/. 120,00	S/. 72,00		300,72%	
Barra metálica 4" x 2" 1,00 m.	Unid.	6,000	S/. 120,00	S/. 120,00		501,20%	
Varilla roscada 5/8" 0,60 m.	Unid.	6,000	S/. 20,00	S/. 12,00		50,12%	
Varilla roscada 5/8" 1,00 m.	Unid.	6,000	S/. 20,00	S/. 20,00		83,53%	
Acero corrugado de 1/2" 0,3 m.	Unid.	8,000	S/. 25,00	S/. 6,67		27,84%	
Desmoldante para encofrado	Unid.	0,055	S/. 13,00	S/. 0,72		2,99%	
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.	Unid.	2,000	S/. 5,00	S/. 10,00		41,77%	
Alambre # 8	kgr.	0,168	S/. 4,50	S/. 0,76		3,16%	
Clavo de 4"	kgr.	0,000	S/. 4,20	S/. 0,00		0,00%	
					S/. 3 344,26	13967,91%	
2.- MANO DE OBRA							
Descripción del Recurso	Nº	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Oficial	hh	3,091	S/. 12,75	S/. 39,41		164,62%	
Peon	hh	3,091	S/. 11,46	S/. 35,43		147,97%	
					S/. 74,84	312,59%	
3.- EQUIPO							
Descripción del Recurso	Nº	h - Maquina	Alquiler hora	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 74,8412	S/. 2,25		9,38%	
					S/. 2,25	9,38%	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 3 344,26	
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 74,84	
					TOTAL EQUIPO:	S/. 2,25	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	S/. 3 421,34	Primer uso

**Tabla 70: Costo unitario del encofrado metálico para un 2do encofrado.**

ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA COLUMNA DE 4,8 M2 (SEGUNDO ENCOFRADO)							
1.- MATERIALES							
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Panel 2,40 x 0,50 m.	Unid.	0,000	S/. 307,82	S/. 0,00		0,00%	
Panel 1,20 x 0,50 m.	Unid.	0,000	S/. 184,41	S/. 0,00		0,00%	
Panel 2,40 x 0,25 m.	Unid.	0,000	S/. 193,33	S/. 0,00		0,00%	
Panel 1,20 x 0,25 m.	Unid.	0,000	S/. 126,98	S/. 0,00		0,00%	
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%	
Esquinero externo 1,20 m.	Unid.	0,000	S/. 40,00	S/. 0,00		0,00%	
Grapas	Unid.	0,000	S/. 6,54	S/. 0,00		0,00%	
Puntal telescópico 3,6 m.	Unid.	0,000	S/. 115,00	S/. 0,00		0,00%	
Tuerca copa	Unid.	0,000	S/. 5,00	S/. 0,00		0,00%	
Barra metálica 4" x 2" 0,60 m.	Unid.	0,000	S/. 120,00	S/. 0,00		0,00%	
Barra metálica 4" x 2" 1,00 m.	Unid.	0,000	S/. 120,00	S/. 0,00		0,00%	
Varilla roscada 5/8" 0,60 m.	Unid.	0,000	S/. 20,00	S/. 0,00		0,00%	
Varilla roscada 5/8" 1,00 m.	Unid.	0,000	S/. 20,00	S/. 0,00		0,00%	
Acero corrugado de 1/2" 0,3 m.	Unid.	0,000	S/. 25,00	S/. 0,00		0,00%	
Desmoldante para encofrado	Unid.	0,000	S/. 13,00	S/. 0,00		0,00%	
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.	Unid.	0,055	S/. 5,00	S/. 0,28		1,15%	
Alambre # 8	kgr.	0,000	S/. 4,50	S/. 0,00		0,00%	
Clavo de 4"	kgr.	0,010	S/. 4,20	S/. 0,04		0,18%	
					S/. 0,32	1,33%	
2.- MANO DE OBRA							
Descripción del Recurso	Nº	h - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Oficial	hh	3,091	S/. 12,75	S/. 39,41		164,62%	
Peon	hh	3,091	S/. 11,46	S/. 35,43		147,97%	
					S/. 74,84	312,59%	
3.- EQUIPO							
Descripción del Recurso	Nº	h - Maquina	Alquiler hora	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 74,84	S/. 2,25		9,38%	
					S/. 2,25	9,38%	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 0,32	
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 74,84	
					TOTAL EQUIPO:	S/. 2,25	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	S/. 77,40	Siguientes usos

Se puede observar que un segundo encofrado con formaletas metálicas teniendo como propias resulta muy económico.

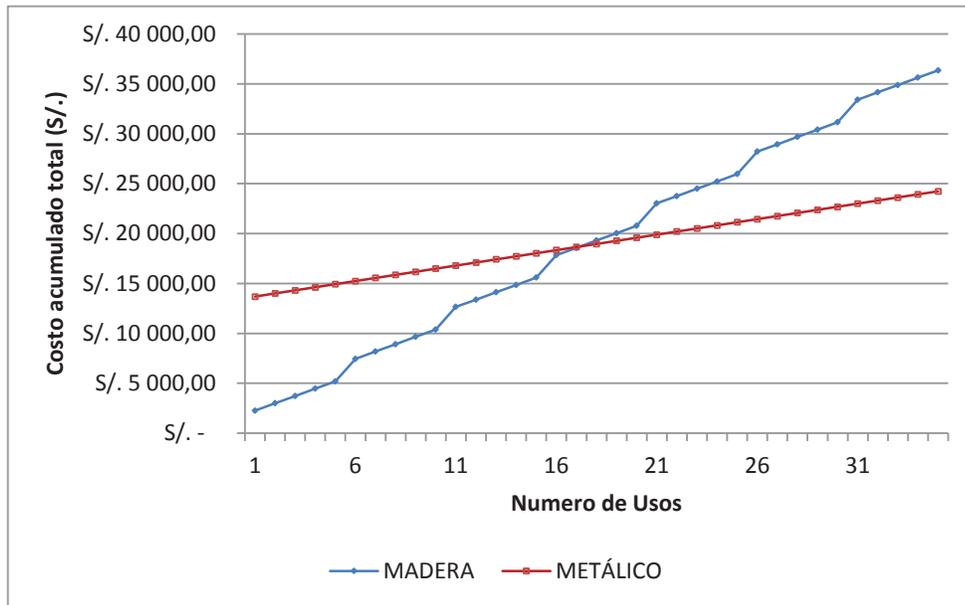
**Tabla 71:** Variación de Costos en Función al Número de Usos.

USOS	SISTEMA DE ENCOFRADOS					
	MADERA			METÁLICO		
	Materiales y mano de obra para encofrar 04 columnas con un área de 19,2 m <sup>2</sup>	Mano de obra para un siguiente encofrado de 04 columnas con área de 19,2 m <sup>2</sup>	Costo de mano de obra para encofrar 01 m <sup>2</sup> de columna (S/.)	Materiales y mano de obra para encofrar 04 columnas con un área de 19,2 m <sup>2</sup>	Mano de obra para un siguiente encofrado de 04 columnas con área de 19,2 m <sup>2</sup>	Costo de mano de obra para encofrar 01 m <sup>2</sup> de columna (S/.)
1	S/. 2 256,30		S/. 28,42	S/. 13 685,38		S/. 16,54
2	S/. 2 993,26	S/. 736,97	S/. 56,84	S/. 13 995,00	S/. 309,62	S/. 33,08
3	S/. 3 730,23	S/. 736,97	S/. 85,26	S/. 14 304,61	S/. 309,62	S/. 49,62
4	S/. 4 467,19	S/. 736,97	S/. 113,68	S/. 14 614,23	S/. 309,62	S/. 66,16
5	S/. 5 204,16	S/. 736,97	S/. 142,10	S/. 14 923,85	S/. 309,62	S/. 82,71
6	S/. 5 941,12		S/. 170,52	S/. 15 233,46	S/. 309,62	S/. 99,25
7	S/. 6 678,08	S/. 736,97	S/. 198,94	S/. 15 543,08	S/. 309,62	S/. 115,79
8	S/. 7 415,04	S/. 736,97	S/. 227,37	S/. 15 852,70	S/. 309,62	S/. 132,33
9	S/. 8 152,00	S/. 736,97	S/. 255,79	S/. 16 162,31	S/. 309,62	S/. 148,87
10	S/. 8 888,96	S/. 736,97	S/. 284,21	S/. 16 471,93	S/. 309,62	S/. 165,41
11	S/. 9 625,92		S/. 312,63	S/. 16 781,55	S/. 309,62	S/. 181,95
12	S/. 10 362,88	S/. 736,97	S/. 341,05	S/. 17 091,16	S/. 309,62	S/. 198,49
13	S/. 11 099,84	S/. 736,97	S/. 369,47	S/. 17 400,78	S/. 309,62	S/. 215,04
14	S/. 11 836,80	S/. 736,97	S/. 397,89	S/. 17 710,40	S/. 309,62	S/. 231,58
15	S/. 12 573,76	S/. 736,97	S/. 426,31	S/. 18 020,02	S/. 309,62	S/. 248,12
16	S/. 13 310,72		S/. 454,73	S/. 18 329,63	S/. 309,62	S/. 264,66
17	S/. 14 047,68	S/. 736,97	S/. 483,15	S/. 18 639,25	S/. 309,62	S/. 281,20
18	S/. 14 784,64	S/. 736,97	S/. 511,57	S/. 18 948,87	S/. 309,62	S/. 297,74
19	S/. 15 521,60	S/. 736,97	S/. 539,99	S/. 19 258,48	S/. 309,62	S/. 314,28
20	S/. 16 258,56	S/. 736,97	S/. 568,41	S/. 19 568,10	S/. 309,62	S/. 330,82
21	S/. 16 995,52		S/. 596,83	S/. 19 877,72	S/. 309,62	S/. 347,37
22	S/. 17 732,48	S/. 736,97	S/. 625,25	S/. 20 187,33	S/. 309,62	S/. 363,91
23	S/. 18 469,44	S/. 736,97	S/. 653,67	S/. 20 496,95	S/. 309,62	S/. 380,45
24	S/. 19 206,40	S/. 736,97	S/. 682,10	S/. 20 806,57	S/. 309,62	S/. 396,99
25	S/. 19 943,36	S/. 736,97	S/. 710,52	S/. 21 116,19	S/. 309,62	S/. 413,53
26	S/. 20 680,32		S/. 738,94	S/. 21 425,80	S/. 309,62	S/. 430,07
27	S/. 21 417,28	S/. 736,97	S/. 767,36	S/. 21 735,42	S/. 309,62	S/. 446,61
28	S/. 22 154,24	S/. 736,97	S/. 795,78	S/. 22 045,04	S/. 309,62	S/. 463,15
29	S/. 22 891,20	S/. 736,97	S/. 824,20	S/. 22 354,65	S/. 309,62	S/. 479,70
30	S/. 23 628,16	S/. 736,97	S/. 852,62	S/. 22 664,27	S/. 309,62	S/. 496,24
31	S/. 24 365,12		S/. 881,04	S/. 22 973,89	S/. 309,62	S/. 512,78
32	S/. 25 102,08	S/. 736,97	S/. 909,46	S/. 23 283,50	S/. 309,62	S/. 529,32
33	S/. 25 839,04	S/. 736,97	S/. 937,88	S/. 23 593,12	S/. 309,62	S/. 545,86
34	S/. 26 576,00	S/. 736,97	S/. 966,30	S/. 23 902,74	S/. 309,62	S/. 562,40
35	S/. 27 312,96	S/. 736,97	S/. 994,72	S/. 24 212,35	S/. 309,62	S/. 578,94

*Fuente:* Elaboración propia.

En este cuadro se observa como incrementa los costos cuando se utiliza encofrado convencional de madera porque, cada 05 usos se tienen que renovar por su rápido deterioro de la madera, en cambio con el encofrado metálico su costo inicial es muy alto, pero a medida que el número de usos se incrementa los costos terminan siendo menores.

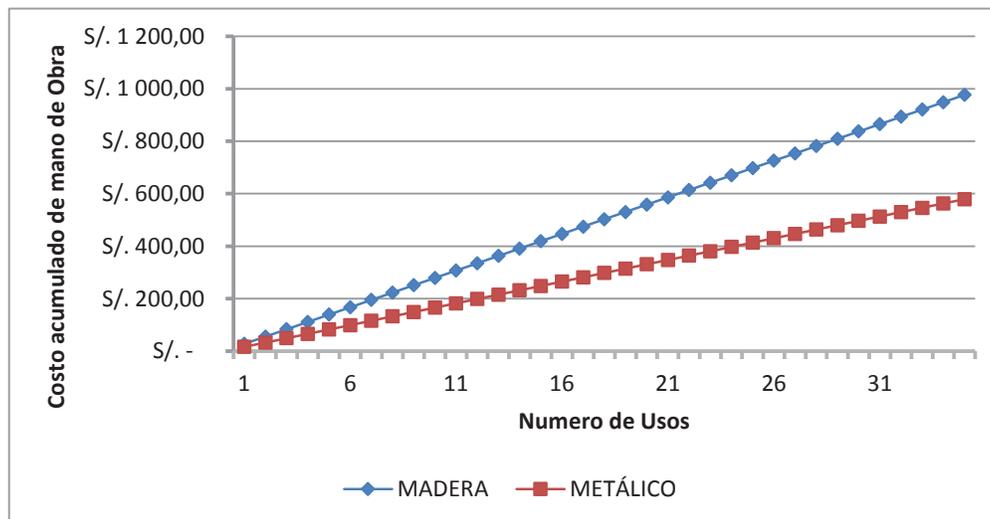
**Grafico N° 22:** Costo acumulado en función al número de elementos encofrados.



*Fuente:* Elaboración propia.

En el grafico se ve, como incrementa los costos del encofrado de madera y el encofrado metálico tiene un costo inicial alto, pero tiene un incremento mucho menor con el número de usos, se observa que en el punto de inflexión se da en el uso 17 y resulta rentable su adquisición, si se tiene a partir de este número de usos.

**Grafico N° 23:** Incremento del costos de mano de obra respecto al N° de usos.



*Fuente:* Elaboración propia.

En el grafico se tiene un mayor incremento del costo de mano de obra cuando se utiliza encofrado de madera, indicamos que con el encofrado metálico no se tiene la sub partida de habilitado como el caso del encofrado de madera.

### 6.3.4. COMPARACIÓN DEL COSTOS EN ENCOFRADOS.

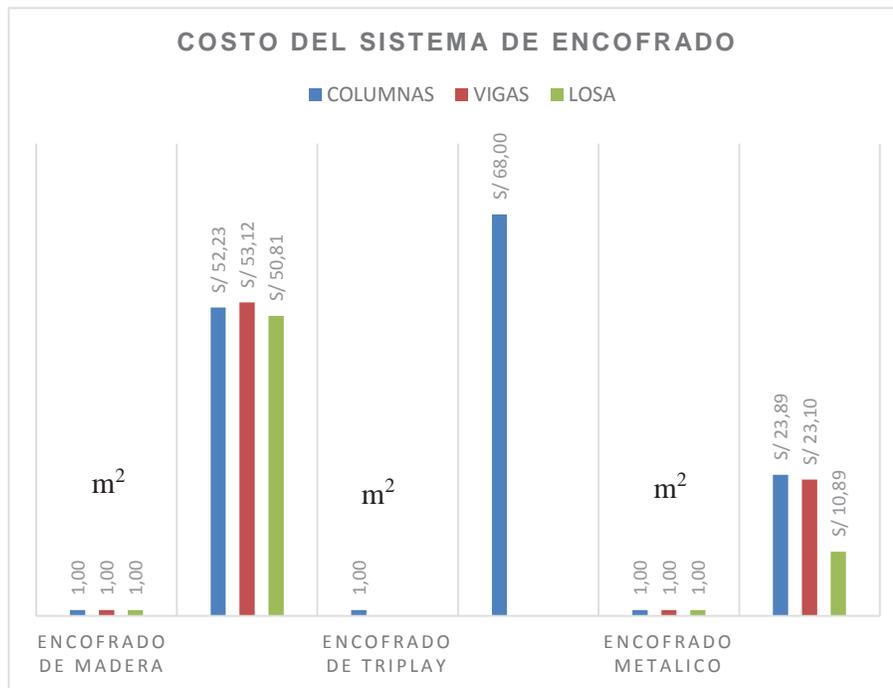
Con respecto al costo del sistema de encofrados; el encofrado metálico, por ser un material que aun todavía no se produce en nuestra región; su importación de los países donde se fabrica es muy costoso, siendo por ahora de costos elevados, puede ser adquirido para obras de gran envergadura y empresas privadas que ejecutan obras destinadas a edificaciones.

En el caso del encofrado de madera su costo de adquisición es accesible para obras de mediana magnitud debido a que en nuestra región se dispone de este material y se cuenta con personal con habilidades para trabajos de encofrado de madera desde hace muchos años en nuestro medio.

**Tabla 72:** Cuadro de Costos del sistema de encofrados.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado de Triplay		Encofrado Metálico	
	Área (m <sup>2</sup> )	Costo (s/)	Área (m <sup>2</sup> )	Costo (s/)	Área (m <sup>2</sup> )	Costo (s/)
<b>COLUMNAS</b>	1,00	S/ 52,23	1,00	S/ 68,00	1,00	S/ 23,89
<b>VIGAS</b>	1,00	S/ 53,12			1,00	S/ 23,10
<b>LOSA</b>	1,00	S/ 50,81			1,00	S/ 10,89

**Gráfico N° 24:** Comparación de Costos.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.3.5. COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

*Tabla 73: Comparación del comportamiento estructural.*

<b>Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Viga.</b>	<b>Comportamiento estructural del Encofrado Metálico – Viga.</b>
<p><b>Separación entre cabezales</b>, para una viga de sección 0,5 m x 0,25 m es <math>L_c = 95,35</math> cm, la longitud a tomar en obra <math>L_c = 95</math> cm. La presión de trabajo es de 0,145kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p><b>Resistencia de puntales</b>, limitada a la sección del puntal, para un rollizo <math>\varnothing=3''</math> con <math>h=2,9</math>m La capacidad admisible en obra por puntal es 1 121,21 kg.</p>	<p>Separación permitida hasta de 1,20 m de longitud para un peralte de 0,5 x 0,25; capacidad de carga de trabajo hasta 0,58 kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Resistencia de puntales indicado en especificaciones técnicas por cada fabricante varían desde 2 500 kg hasta 500 kg de capacidad de trabajo.</p>
<b>Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Losa.</b>	<b>Comportamiento estructural del Encofrado Metálico – Losa.</b>
<p><b>Separación entre Soleras</b>, para un peralte de losa aligerada de 0,2m. la separación entre soleras, es 102,64 cm. Pero la longitud a tomar en obra es 105 cm. Esto para una tabla de 1 1/2 “x 8”</p> <p><b>Separación entre Puntales.</b> Determinado por sección de soleras es de práctica común una separación de 1,0 m, Capacidad admisible con un rollizo de eucalipto con <math>h = 3,2</math> m es = 91,10 Kg.</p>	<p><b>Separación entre soleras</b>, para un peralte de losa aligerada de 0,20 m es de 1,50 m para un fondo de vigueta extensible fabricada con plancha metálica de 3/32” de espesor.</p> <p><b>Separación entre Puntales.</b> Limitado a sección de solera pudiendo colocarse a una longitud de hasta 2,0 metros Capacidad admisible a considerar en obra 2 500 kg hasta 500 kg de capacidad de trabajo.</p>
<b>Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Columna.</b>	<b>Comportamiento estructural del Encofrado Metálico – Columna.</b>
<p>Para una altura de 3,7 m se genera una presión máxima de 0,89 kg/cm<sup>2</sup> Los barrotes deben tener una separación vertical de refuerzo con una luz aproximada de 50 cm para un tablón de 1 1/2”, para los barrotes de 2”x4” se tendrá que colocar tensores a una distancia horizontal de 20cm en la base.</p>	<p>ULMA con su sistema LGR está diseñado para soportar una presión de 0,8157 kg/cm<sup>2</sup>, UNISPAN con su sistema ALLSTEEL está diseñado para soportar una presión de 0,71 kg/cm<sup>2</sup>, PERI con su sistema DUO diseñado para trabajar con una presión de 0,815 kg/cm<sup>2</sup>.</p>

*Fuente: Elaboración propia.*

## CAPÍTULO VII

### PROPUESTA PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ENCOFRADOS.

#### 7.1. ENCOFRADO MIXTO.

Se define como sistema mixto al encofrado, que presenta elementos de madera y metal en el armado del encofrado de las columnas, vigas y losas. En muchas obras utilizan los puntales metálicos como aplomadores de encofrado de columnas, cuando fueron diseñadas como apoyos de vigas y losas.

La mayoría de obras realizan el armado de las vigas y losa con madera, y los apoyos con puntales metálicos reemplazando a los rollizos de Eucalipto.

En otras obras el encofrado de columnas se realiza con paneles de fenólico y bastidor metálico y en otros casos son con bastidores de madera (listón de 2" x 3").

Un encofrado es un sistema en sí mismo concebido y construido de tal manera que su forma debe corresponder a su función y se encuentra dotado de ciertos atributos estructurales muy propios.

El encofrado debe ser resistente e indeformable y mucho mejor si es fácilmente maniobrable, etc. Pues son cualidades casi evidentes, inclusive muy relativas a veces, es común escuchar que el encofrado deber ser liviano para la maniobrabilidad de un operario, igualmente proponer que debe ser durable especialmente para elementos estructurales similares, pues se puede estar planteado para utilizarse únicamente dos veces; todo depende del propósito que tenga el constructor con este encofrado.

Desde el punto de vista técnico mecánico el encofrado no es otra cosa que un molde que adopta la forma de la estructura proyectada para verter concreto es estado semilíquido y el comportamiento estructural de este molde responde, aunque no absolutamente, a los principios de la hidrostática, recordemos un poco acerca de las teorías que enuncian los textos de hidráulica

- ✓ Un líquido en un recipiente ejerce presiones sobre el fondo y sobre las paredes.
- ✓ La presión que un líquido ejerce sobre las paredes del recipiente es función de la profundidad y de la densidad. A mayor profundidad mayor presión.
- ✓ A una profundidad determinada un líquido ejerce igual presión sobre la pared o sobre el fondo.

De otra parte, el concreto endurecido en el proceso de construcción colocación, endurecimiento y curado sufre cambios de volumen se traducen en esfuerzos sobre el

encofrado fenómenos plenamente identificados que son más visibles en la medida en que aumenta el tamaño de la pieza que se funde.

Los encofrados son sistemas constructivos temporales y en cualquier tipo de encofrado debe ser funcional de no ser, consumirá mayor recurso de mano de obra; en la mayoría de los presupuestos la partida del encofrado de estructuras tiene buena incidencia sobre los costos.

Lo económico está directamente relacionado a lo funcional y los atributos funcionales deben estar compuestos por piezas que se unen o separan fácilmente, que son totalmente compatibles entre sí, e integran un conjunto estable y versátil posible de ensamblar de distintas maneras, pudiendo ensamblarse para adoptar cualquier geometría de un elemento estructural de concreto armado y sobre todo que tenga la menor cantidad de piezas pequeñas pues por su reducido tamaño muchos de ellos se pierden en obra, en fin, que el encofrado debe ser por excelencia:

- ✓ Un conjunto fácilmente armable.
- ✓ Un conjunto fácilmente desarmable.
- ✓ Un conjunto que su fabricación sea la más económica posible.
- ✓ Un conjunto versátil adaptable a cualquier elemento estructural.
- ✓ Un conjunto de fácil almacenaje con un mínimo mantenimiento y ocupa menor espacio.

En el boom del inmobiliario en nuestro país especialmente en nuestro medio, muchas empresas de venta o alquiler aparecieron cada uno con sus características y patentes propias, con aplicaciones a determinado tipo de proyectos y no todas tuvieron la misma aceptación, es el caso de la empresa Alemana PERI en el Proyecto: Real Plaza San Antonio, las juntas entre paneles estaban muy visibles en el concreto, con esto no queremos afirmar que no sean buenos al contrario puede que este diseñado para otro ámbito de aplicación

Las cualidades de fácil encofrado y desencofrado pueden determinar el éxito de un diseño o su rotundo fracaso. El armado de un encofrado puede resultar sencillo cuando se encuentra vacío, pero luego de ser vaciado, el concreto ocupa todos los intersticios del encofrado y genera presión en todas las caras de contacto de manera que el encofrado sufre sus mayores deformaciones y su mayor desgaste en las operaciones de retiro. No es lo mismo un encofrado y desencofrado de una columna central en el primer nivel, que encofrar y desencofrar una columna medianera o de esquina en el sexto nivel o piso superior siendo imprescindible en este caso que sea lo más liviano posible. Si el molde no se encuentra correctamente diseñado, solo caben dos alternativas: se deteriora la formaleta y/o pieza de

ensamblado o se destroza el elemento estructural encofrado, el objetivo es que no ocurra ninguno de los dos hechos.

El encofrado es una estructura eminentemente inestable, peligrosa y prueba de esto son las incontables fallas durante el vaciado que por su condición de obra provisional carece de uniones rígidas y hace que muchas veces se obvие medidas de seguridad por ello es necesario hacer un análisis de elementos de gran altura, la adición de elementos diagonales para arriostrar o apuntalar el conjunto de formaletas y piezas.

## **7.2. PROPUESTA DEL ENCOFRADO MIXTO.**

El modelo de encofrado propuesto es el sistema mixto en el cual el sistema de encofrado metálico será de mayor incidencia en elementos estructurales verticales los cuales requieran tiempos mínimos de desencofrados y por lo tanto se le pueda dar la máxima cantidad de usos durante el proyecto por el alto costo de inversión que representan su fabricación.

El sistema de encofrados propuesto para la construcción de edificios en la ciudad del Cusco, es un sistema de encofrado mixto, por ello se atenuaría aún más los altos costo de adquisición, en cuanto a elementos horizontales estos requieren tiempos bastante holgados de desencofrado así, por ejemplo:

- ✓ En losas aligeradas o macizas el tiempo mínimo de desencofrado es de 15 a 21 días, según la longitud que tenga la losa, en un concreto normal.
- ✓ Lo óptimo es utilizar madera para encofrar vigas y losa aligerada, pero si se es conveniente el uso de encofrado metálico para el encofrado de frisos y la cara exterior de viga perimetrales.
- ✓ Si por exigencias técnicas del proyecto fuese necesario utilizar encofrado metálico para obtener un concreto visto (cara vista). Sería muy recomendable el uso de acelerantes de fragua para de esta manera acortar los tiempos de espera, para el desencofrado y seguir utilizando las formaletas metálicas.

Nuestra intención de proponer un sistema de encofrado viene principalmente por los altos costos de adquisición que tiene las diferentes marcas de encofrados y como solución se plantea un sistema de encofrado que:

- ✓ Presente mejor calidad de trabajo y aun costo menor.
- ✓ Sea accesible para las pequeñas y micro empresas, contratistas pues ellos son los que construyen la mayor cantidad de viviendas para gente de recursos económicos bajos.

### 7.1.2. CALCULO DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO MIXTO.

Se realiza el análisis de costos unitarios para los componentes más esenciales de una obra de edificación entre ellos se tienen:

- ✓ formaletas metálicas de diferentes dimensiones.
- ✓ Esquineros internos.
- ✓ Esquineros externos.
- ✓ Puntales telescópicos.
- ✓ Barrotes de madera con perforaciones.
- ✓ Tensores con fierro de ½” con varilla roscada de 5/8”.
- ✓ Tensores tipo corbatín con platina de 3/4” x 1/8” x 10”.

Se puso mucho énfasis es en el Análisis de Precios Unitarios de cada elemento a fabricar y se muestra en las siguientes tablas; cuando uno plantea un modelo de encofrado este no se ajusta por completo a todas las situaciones y necesidades de cada proyecto en el campo, es donde se puede observar y comentar con el personal que realiza los trabajos de encofrado de todas las inconveniencias y ventajas.

Es preciso indicar que la fabricación de algunos pequeños elementos no rentable y tampoco se logra la calidad deseada, resulta más económico su adquisición entre ellos:

- ✓ Grapas, Varillas roscadas y Tuerca copa.

**Tabla 74:** Equipo mínimo para la producción de encofrado metálico.

Equipo Necesario para Fabricacion de Encofrados Metalicos (Modulo y/o Tablero)				
CANTIDAD	DESCRIPCION	UNID.	VALOR	VALOR
1,00	Equipo de soldadura MIG MAG, MIG-250 IGBT WELDWELL.	Unid.	S/. 4 250,00	S/. 4 250,00
1,00	Equipo de soldadura por arco inverter welder ARC-201, WELDWELL.	Unid.	S/. 900,00	S/. 900,00
1,00	Compresora de aire METABO de 2 HP.	Unid.	S/. 550,00	S/. 550,00
1,00	Tronzadora de perfiles y tubos metálicos MAKITA	Unid.	S/. 800,00	S/. 800,00
1,00	Amoladoras de 2 400 watts CROWN.	Unid.	S/. 180,00	S/. 180,00
1,00	Taladros de 1 400 watts CROWN.	Unid.	S/. 1 800,00	S/. 1 800,00
4,00	Extensiones con cable vulcanizado y tomas industriales de 25 metros 14 AWG	Unid.	S/. 75,00	S/. 300,00
1,00	Amoladoras de 1 200 watts LACELA	Unid.	S/. 100,00	S/. 100,00
1,00	Cizalla manual para planchas hasta 4 mm	Unid.	S/. 580,00	S/. 580,00
1,00	Taladro de columna de 2 hp de potencia	Unid.	S/. 1 800,00	S/. 1 800,00
1,00	Equipo de troquelado de 40 toneladas de fuerza. (Segunda)	Unid.	S/. 14 560,00	S/. 14 560,00
2,00	Careta de soldador con luna fotosensible a baterias	Unid.	S/. 170,00	S/. 340,00
8,00	Tomas y enchufes industriales con P/T	Par	S/. 34,50	S/. 276,00
1,00	Equipo de oxicorte	Unid.	S/. 1 300,00	S/. 1 300,00
			<b>TOTAL COTIZACÓN =</b>	<b>S/. 25 145,00</b>
			<b>Credito fiscal, IGV (18%)</b>	<b>S/. 3 835,68</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### **7.1.2.1. SOLADADURA A EMPLEAR.**

Existen una gran variedad de procedimientos de soldadura, donde la base de la fuente de calor es el arco eléctrico. Todos estos procedimientos se pueden agrupar en dos grupos, por arco descubierto y arco encubierto. A continuación, se enumeran los distintos procedimientos agrupados en cada grupo:

- ✓ Arco descubierto.
- ✓ Soldadura por arco manual con electrodos revestidos.
- ✓ Soldadura bajo gas protector con electrodo no fusible (TIG, TIG Orbital, Plasma).
- ✓ Soldadura bajo gas protector con electrodo fusible (MIG, MAG, Osilador, Electro gas).
- ✓ Soldadura por electro escoria (este procedimiento, aunque en realidad es un procedimiento de soldadura por resistencia, el comienzo del proceso se realiza mediante un arco eléctrico).

#### **1.- Soldadura por Arco Manual con Electrodo Revestido.**

Existe diversidad de tipos de electrodos en nuestro medio los más comunes son:

- ✓ Supercito E6011, con uso recomendado para trabajos de estructuras metálicas cuya unión de soldadura puede alcanzar hasta una resistencia de 42,2 kg/mm<sup>2</sup>
- ✓ Cellocord, Punto Azul cuyo uso es para carpintería metálica; uniones que no requiere exigencias mecánicas. Presenta un arco estable y uniforme con gran facilidad en el encendido y el reencendido del electrodo, el metal depositado solidifica con rapidez.

Se utilizó el procedimiento de soldadura por arco eléctrico con electrodo punto azul, este tipo de soldadura genera una concentración de calor en una zona muy delimitada y se alcanzan temperaturas muy elevadas (> 5 000 °C) y un enfriado del cordón de soldadura inicia una contracción por enfriar nuevamente a temperatura ambiente con lo cual la formaleta soldada queda deformada.

#### **2.- Soldadura MAG (Ar al 80% + CO2 al 20%).**

Este tipo de soldadura bajo gas protector de argón al 80% y anhídrido carbónico al 20% con electrodo fusible se generan pocas proyecciones en el cordón y mayor tasa de productividad, el aspecto final de los cordones es muy bueno, siendo buenas las características del depositado. Con la soldadura MAG aumenta el porcentaje de eficiencia hasta el 80% - 90% además de disminuir el número de paradas por tener una bobina del material de aporte que se suministra de forma continua por el mismo equipo (carbofil)

La ventaja más importante para nuestro caso son menores contracciones del cordón de soldadura por enfriamiento a temperatura ambiente a comparación con la soldadura por arco eléctrico.

En los siguientes cuadros se da a conocer los cálculos para el encofrado mixto:

**Tabla 75: Determinación de costo general.**

DETERMINACION DEL COSTO GENERAL PARA LA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO MODULO O TABLERO		
<b>1.- Analisis de Costo Unitario directo:</b> Se presenta en formato adjunto donde se analiza todos los insumos que se utilizaran en la fabricacion de nuestro producto vendria a ser el costo variable unitario		
<b>2.- Costos Fijos:</b> A continuacion mostramos todos los costos fijos que estaran presente en la fabricacion de cada producto, recordar que a todo esto hay que incrementarle el IGV en caso del producto sea para venta.		
ELEMENTOS PARA DETERMINAR EL COSTO GENERAL.		
Descripción de elementos	Mensual	Diario
2.1.- Alquiler del local donde se instalara el taller.	S/. 200,00	S/. 6,67
2.2.- Energia Electrica.	S/. 150,00	S/. 5,00
2.3.- Servicio de Agua y desague.	S/. 30,00	S/. 1,00
2.4.- Contadora.	S/. 150,00	S/. 5,00
2.5.- Depreciacion de Equipos de Planta (5%)	S/. 25 145,00	S/. 41,91
<b>Total Costo General =</b>	<b>S/. 1 787,25</b>	<b>S/. 59,58</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### 7.1.3. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE FORMALETAS.

Se hace un análisis del costo unitario para fabricación de cada formaleta metálica y así determinar antes de su fabricación cual será el costo que tendrá cada módulo.

**Tabla 76: Análisis de Precio Unitario del metal de 2,40m. x 0,60m.**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO								
<b>PARTIDA:</b>	Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,60 m.							
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>Combinado</b>	<b>UNID:</b>	<b>Modulo</b>					
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>hras/dia</b>		<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/ 320,82</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>								
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Plancha de de 3/32" de 1,20 m. x 2,40 m.	Unid.	0,500	S/. 145,00	S/. 72,50		22,60%		
Platina troquelada 1/8" de 0,06 m x 2,40 m.	Unid.	6,000	S/. 16,36	S/. 98,16		30,60%		
Carbofil	Rollo.	0,063	S/. 115,00	S/. 7,19		2,24%		
Argomix	Btll.	0,056	S/. 370,00	S/. 20,56		6,41%		
Oxigeno	Btll.	0,016	S/. 280,00	S/. 4,52		1,41%		
Acetileno	Btll.	0,016	S/. 250,00	S/. 4,03		1,26%		
Pintura	gal.	0,083	S/. 32,00	S/. 2,67		0,83%		
Desperdicios	% Mat	7%	S/. 209,62	S/. 14,67		4,57%		
					<b>S/. 224,29</b>	<b>69,91%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Maestro	hh	0,431	S/. 90,00	S/. 4,85		1,51%		
Operario	hh	3,711	S/. 80,00	S/. 37,11		11,57%		
Oficial	hh	3,711	S/. 70,00	S/. 32,47		10,12%		
Peon	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%		
					<b>S/. 74,43</b>	<b>23,20%</b>		

Tabla 76: Análisis de Precio Unitario del metal de 2,40m. x 0,60m.

3.- EQUIPO Y OTROS							
Descripcion del Recurso	N°	h - Maq.	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales	% MO	3%	74,43	S/. 2,23		0,70%	
Costo fijo diario de operacion		8	7,45	S/. 19,87		6,19%	
					<b>S/. 22,10</b>	<b>6,89%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	224,29	
					TOTAL MANO DE OBRA:	74,43	
					TOTAL EQUIPO:	22,10	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>320,82</b>	
Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,60 m.	RENDIMIENTO DIARIO	UNIDAD	CUADRILLA				
			Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Marcado de platinas para troquelar	80	Tira	0,100	0,000	1,000	0,000	
Horas hombre			0,060	0,000	0,600	0,000	
Troquelado de Platinas	80	Tira	0,100	1,000	0,000	0,000	
Horas hombre			0,060	0,600	0,000	0,000	
Armado de Modulo de 1,2 m x 0,60 m	3	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000	
Horas hombre			0,267	2,667	2,667	0,000	
Pintado de modulo de 1,2 m x 0,60 m	18	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000	
Horas hombre			0,044	0,444	0,444	0,000	
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,431</b>	<b>3,711</b>	<b>3,711</b>	<b>0,000</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77: Análisis de Precio Unitario de tablero metálico de 1,20 m. x 0,60 m.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO							
PARTIDA:	Modulo y/o tablero de 1,2 m X 0,60 m.						
RENDIMIENTO	Combinado	UNID:	Modulo				
JORNADA	8	UNID:	hr/día	COSTO UNITARIO	S/ 181,56	TOTAL %	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>							
Descripcion del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Plancha de de 3/32" de 1,20 m x 2,40 m	Unid.	0,250	S/. 145,00	S/. 36,25		19,97%	
Tiras troqueladas 1/8" de 0,06 m x 2,40 m	Unid.	3,250	S/. 16,36	S/. 53,17		29,28%	
Carbofil	Rollo.	0,037	S/. 115,00	S/. 4,26		2,35%	
Argomix	Btl.	0,043	S/. 370,00	S/. 16,09		8,86%	
Oxigeno	Btl.	0,008	S/. 280,00	S/. 2,37		1,31%	
Acetileno	Btl.	0,008	S/. 250,00	S/. 2,12		1,17%	
Pintura	gal.	0,048	S/. 45,00	S/. 2,14		1,18%	
Desperdicios	% Mat	7%	S/. 114,26	S/. 8,00		4,41%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 124,40</b>	<b>68,52%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
Descripcion del Recurso	N°	h - H	Presio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Maestro de Obra	hh	0,252	S/. 90,00	S/. 2,83		1,56%	
Operario	hh	2,192	S/. 80,00	S/. 21,92		12,07%	
Oficial	hh	2,192	S/. 70,00	S/. 19,18		10,56%	
Peon	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 43,93</b>	<b>24,19%</b>	
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>							
Descripcion del Recurso	N°	h - Maquina	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.
Herramientas manuales	% MO	3%	43,93	S/. 1,32		0,73%	
Costo fijo diario de operacion		8	7,45	S/. 11,92		6,57%	
<b>Total de Herramientas =</b>					<b>S/. 13,24</b>	<b>7,29%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	124,40	
					TOTAL MANO DE OBRA:	43,93	
					TOTAL EQUIPO:	13,24	
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>181,56</b>	

Tabla 77: Análisis de Precio Unitario de tablero metálico de 1,20 m. x 0,60 m.

Modulo y/o tablero de 1,2 m X 0,60 m.	RENDIMIENTO DIARIO	UNIDAD	CUADRILLA			
			Capataz	Operario	Oficial	Peon
Marcado de tiras para troquelar	80	Tira	0,100	0,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,033	0,000	0,325	0,000
Troquelado de tiras	80	Tira	0,100	1,000	0,000	0,000
Horas hombre			0,033	0,325	0,000	0,000
Armado de Modulo de 1,20 m x 0,60 m	5	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,160	1,600	1,600	0,000
Pintado de modulo de 1,20 m x 0,60 m	30	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,027	0,267	0,267	0,000
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,252</b>	<b>2,192</b>	<b>2,192</b>	<b>0,000</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Análisis de Precio Unitario de Vigüeta extensible.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO									
<b>PARTIDA:</b>	<b>Fondo de Vigüeta extensible 2,50 m - 4,70 m</b>								
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>hr./dia</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 104,45</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>		
<b>1.- MATERIALES</b>									
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Plancha de de 3/32" de 1,20 m x 2,40 m	Unid.	0,500	S/. 145,00	S/. 72,50		69,41%			
Plegado de planchas	Unid.	8,000	S/. 2,00	S/. 16,00		15,32%			
Pintura	GL	0,040	S/. 45,00	S/. 1,80		1,72%			
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 90,30</b>	<b>86,45%</b>			
<b>2.- MANO DE OBRA</b>									
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Maestro	hh	0,056	S/. 90,00	S/. 0,63		0,60%			
Operario	hh	0,559	S/. 80,00	S/. 5,59		5,35%			
Oficial	hh	0,559	S/. 70,00	S/. 4,89		4,68%			
Peon	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%			
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 11,11</b>	<b>10,63%</b>			
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>									
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maquina</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Herramientas manuales	% MO	3%	11,11	S/. 0,33		0,32%			
Costo fijo diario de operacion		8	S/. 7,45	S/. 2,71		2,59%			
<b>Total de Herramientas =</b>					<b>S/. 3,04</b>	<b>2,91%</b>			
					<b>TOTAL MATERIAL:</b>	<b>S/. 90,30</b>			
					<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>	<b>S/. 11,11</b>			
					<b>TOTAL EQUIPO:</b>	<b>S/. 3,04</b>			
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 104,45</b>			
<b>Fondo de Vigüeta extensible 2,50 m - 4,70 m</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Unidad</b>	<b>CUADRILLA</b>						
			<b>Maestro</b>	<b>Operario</b>	<b>Oficial</b>	<b>Peon</b>			
Corte de bordes y perforado para clavado	22	Vigüetas	0,100	1,000	1,000	0,000			
Horas hombre			0,036	0,364	0,364	0,000			
Pintado Modulo de 2,50 m - 4,70 m	41	Vigüetas	0,100	1,000	1,000	0,000			
Horas hombre			0,020	0,195	0,195	0,000			
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,056</b>	<b>0,559</b>	<b>0,559</b>	<b>0,000</b>			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de precio unitario para un fondo de vigüeta extensible 2,50 m hasta 4,70 m, el costo de fabricación por unidad resulta 104,45 nuevos soles.

**Tabla 79: Análisis de Precio Unitario de Puntal tipo**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO								
<b>PARTIDA: Puntal tipo T</b>								
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>Combinado</b>	<b>UNID</b>	<b>Modulo</b>					
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID</b>	<b>hras/día</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/. 73,19</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>	
<b>1.- MATERIALES</b>								
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Puntal normal de 3,50 m	Unid.	1,000	S/. 53,00	S/. 53,00		72,41%		
Angular de 6,00 de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Unid.	0,100	S/. 38,00	S/. 3,80		5,19%		
Platina de 6,00 de 1" x 1/8"	Unid.	0,067	S/. 22,00	S/. 1,47		2,00%		
Pintura anticorrosiva gris	Unid.	0,045	S/. 45,00	S/. 2,05		2,79%		
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 60,31</b>	<b>82,40%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Maestro	hh	0,050	S/. 90,00	S/. 0,56		0,76%		
Operario	hh	0,497	S/. 80,00	S/. 4,97		6,79%		
Oficial	hh	0,497	S/. 70,00	S/. 4,35		5,94%		
Peon	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%		
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 9,88</b>	<b>13,49%</b>		
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>								
<b>Descripcion del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maquina</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 9,8773	S/. 0,30		0,40%		
Costo fijo diario de operacion		8	S/. 7,45	S/. 2,71		3,70%		
<b>Total de Herramientas =</b>					<b>S/. 3,01</b>	<b>4,11%</b>		
					<b>TOTAL MATERIAL:</b>	<b>S/. 60,31</b>		
					<b>TOTAL MANO DE OBR</b>	<b>S/. 9,88</b>		
					<b>TOTAL EQUIPO:</b>	<b>S/. 3,01</b>		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 73,19</b>		
<b>Puntal tipo T</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Unidad</b>	<b>CUADRILLA</b>					
			<b>Maestro</b>	<b>Operario</b>	<b>Oficial</b>	<b>Peon</b>		
Corte de platina, angular y soldado	22	Puntales	0,100	1,000	1,000	0,000		
Horas hombre			0,036	0,364	0,364	0,000		
Pintado de puntal T	60	Puntales	0,100	1,000	1,000	0,000		
Horas hombre			0,013	0,133	0,133	0,000		
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,050</b>	<b>0,497</b>	<b>0,497</b>	<b>0,000</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, presentamos una tabla con el resumen de análisis de precio unitario de cada una de las formaletas a fabricar, es decir el costo unitario de cada módulo, formaleta o encofrado con las dimensiones que tendrá para cada caso específico.

Contando con los equipos necesarios es posible fabricar para cualquier dimensión esto a necesidad de cada proyecto.

**Tabla 80: Resumen del precio de las formaletas.**

<b>RESUMEN DE COSTO UNITARIO DE ELEMENTOS PARA ENCOFRADO</b>		
<b>Item</b>	<b>Elemento para encofrado</b>	<b>Costo Unitario</b>
1	Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,60 m.	S/. 320,82
2	Modulo y/o tablero de 1,2 m X 0,60 m.	S/. 181,56
3	Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,25 m.	S/. 175,22
4	Modulo y/o tablero de 1,20 m X 0,25 m.	S/. 124,53
5	Modulo y/o tablero de 2,4 m X 0,50 m.	S/. 298,01
6	Modulo y/o tablero de 1,20 m X 0,50 m.	S/. 179,50
7	Modulo y/o tablero de 0,60 m X 0,50 m.	S/. 106,17
8	Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,30 m.	S/. 181,69
9	Modulo y/o tablero de 1,20 m X 0,30 m.	S/. 129,81
10	Modulo y/o tablero de 0,60 m X 0,25 m.	S/. 79,83
11	Modulo y/o tablero de 2,40 m X 0,15 m.	S/. 149,27
12	Modulo y/o tablero de 1,20 m X 0,15 m.	S/. 93,91
13	Modulo y/o tablero de 0,60 m X 0,15 m.	S/. 72,83
14	Fondo de Vigueta 2,50 m - 4,70 m	S/. 104,45
15	Puntal en T	S/. 73,19

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **7.1.4. DISEÑO DEL ENCOFRADO MIXTO.**

##### **DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO METÁLICO.**

Altura de columna = H = 3,75 m.

Sección de columna = B x L = 0,25 x 0,50 m.

Tiempo de llenado = T = 0,5 h

Temperatura del concreto = T = 23°C

Velocidad de llenado:  $R = \frac{H}{T} = 6,4 \text{ m/hr}$

**Propiedades de material a utilizar: Lamina de Acero ASTM A33 1/ 8" (3,2 mm) para tiras de refuerzo y plancha de 3/32" (2,4 mm)**

Esfuerzo admisible ( $\sigma$ ) = 1 890 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo admisible por corte ( $\tau$ ) = 7 461,97 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad (E) = 2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Sección de lámina a utilizar

Base = 50 cm.

Alto = 2,4 mm

**Propiedades de madera aserrada a utilizar**

Esfuerzo admisible (fm) = 100 kg/cm<sup>2</sup>



La verificación por corte no es necesario diseñar por lo general las estructuras metálicas son buenas para resistir el esfuerzo cortante.

**4. Cálculo de refuerzo horizontal con listones de 4” x 2” en el primer tramo.**

En este punto la sección de la formaleta toma la forma de una figura compleja.

**a. Momento de Inercia de la formaleta metálica (teorema de STEINER)**

Por ser figura compleja lo ideal en estos casos es descomponer la sección transversal en 06 áreas distintas.

*Tabla 81: Cálculo del momento de Inercia - Columna.*

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Y1 (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	d	d <sup>2</sup>	A*d <sup>2</sup>	I	I=I + Ad <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
50	0,24	12,00	0,12	1,44	-1,39	1,92	23,07	0,0576	23,13
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
Sumatorias		21,60		32,54					
Momento de inercia de la seccion transversal									80,77

*Fuente: Elaboración propia.*

$$\bar{Y} = \frac{\sum AY}{\sum A} = 1.51 \text{ cm} \quad d = Y_n - \bar{Y}$$

**b. Momento resistente o flexionante de la formaleta metálica**

Para lo cual descomponemos la formaleta metálica en 06 elementos rectangulares simples.

**Primero.** - Para realizar este cálculo es necesario conocer la ubicación del eje neutro tomaremos el valor calculado para el momento de inercia.

**Segundo.** – Vamos a determinar el momento de inercia con respecto al eje neutro.

*Tabla 82: Cálculo del momento resistente - Columna.*

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Dis Total (cm)	Cg (cm)	M Inercia X-X (cm <sup>4</sup> )
50	0,24	1,51	0,12	23,24
0,32	6,00	1,73	3,00	8,86
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
Momento Inercia Total eje Neutro X-X				90,15

*Fuente: Elaboración propia.*

La fórmula para determinar el momento o modulo resistente “S” del perfil de formaleta metálica es:

$$S = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} = 19,05 \text{ cm}^3$$

Dónde:  $I_{xx}$  = Momento de Inercia respecto al eje XX.

$Y_{max}$  = Es la distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma.

$$Y_{max} = D_{max} - \bar{Y} = 4,73 \text{ cm.}$$

**Calculo de W1:** Carga distribuida más desfavorable:

$$W_1 = P_m \times b = 44,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Verificación por flexión: } L_1 = \sqrt{\frac{10 \times \sigma \times S}{\omega}} = 89,46 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión: } L_1 = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 99,13 \text{ cm}$$

$$\text{Verificación por corte: } L_1 = \frac{\tau \times A}{0,9 \times \omega} = 3981,71 \text{ cm}$$

Se toma la menor separación entre barrotes  $L_1 = 89,46 \text{ cm.}$

Longitud a tomar en obra  $L_1 = 90 \text{ cm.}$

**Calculo de W2:** (Tramo 2).

Cuando:  $H_2 = 2,50 \text{ m.}$  y su presión máxima es  $P_m = 58,8 \text{ kpa} = 0,60 \text{ Kg/cm}^2$

$$W_1 = P_m \times b = 29,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Verificación por flexión: } L_2 = \sqrt{\frac{10 \times \sigma \times S}{\omega}} = 109,57 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión: } L_2 = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 109,70 \text{ cm}$$

$$\text{Verificación por corte: } L_2 = \frac{\tau \times A}{0,9 \times \omega} = 1512,78 \text{ cm}$$

Se toma la menor separación entre barrotes:  $L_1 = 109,57 \text{ cm}$ .

Longitud a tomar en obra:  $L_1 = 110 \text{ cm}$ .

**Calculo de W3:** (Tramo 3).

Cuando:  $H_3 = 1,25 \text{ m}$ . y su presión máxima es  $P_m = 29,4 \text{ kpa} = 0,30 \text{ Kg/cm}^2$

$$W_1 = P_m \times b = 14,99 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Verificación por flexión: } L_3 = \sqrt{\frac{10 \times \sigma \times S}{\omega}} = 154,95 \text{ cm}.$$

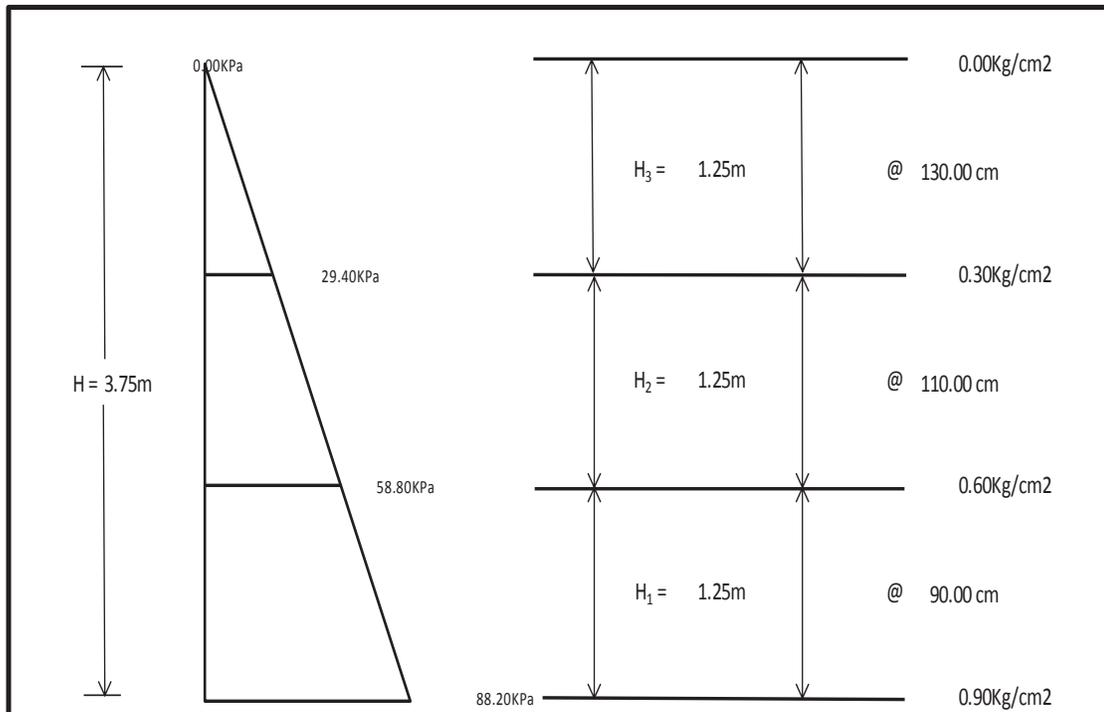
$$\text{Verificación por deflexión: } L_3 = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 130,46 \text{ cm}.$$

$$\text{Verificación por corte: } L_3 = \frac{\tau \times A}{0,9 \times \omega} = 1 \text{ 1945,13 cm}$$

Se toma la menor separación entre barrotes  $L_1 = 130,46 \text{ cm}$ .

Longitud a tomar en obra  $L_1 = 130 \text{ cm}$ .

**Grafico N° 25:** Presión del encofrado Mixto – Columna.



**Fuente:** Elaboración propia.

## 5. Verificación de los barrotos en el sentido de menor momento de Inercia (refuerzo horizontal).

Sección de la lámina metálica:

$$h = 0,24 \text{ cm}$$

$$b = 50,0 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b \times h^3 = 0,057 \text{ cm}^4. \quad S = \frac{1}{6} b \times h^2 = 43,70 \text{ cm}^3.$$

**Calculo de W1:** Carga distribuida más desfavorable (base):

$$W_1 = Pm \times b = 44,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Verificación por flexión: } L_b = \sqrt{\frac{10 \times fm \times S}{\omega}} = 101,01 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión: } L_b = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 43,29 \text{ cm}$$

$$\text{Verificación por corte: } L_b = \frac{fv \times A}{0,9 \times \omega} = 1 \ 338,07 \text{ cm}$$

Se toma la menor separación entre para colocar tensores  $L_b = 43,29 \text{ cm}$ .

Longitud a tomar en obra  $L_b = 45 \text{ cm}$ .

## 6. Verificación de pernos para barrotos.

**Calculo W1:** (carga distribuida más desfavorable).

$$W_1 = Pm \times L_b = 80,94$$

Verificación por cortante:

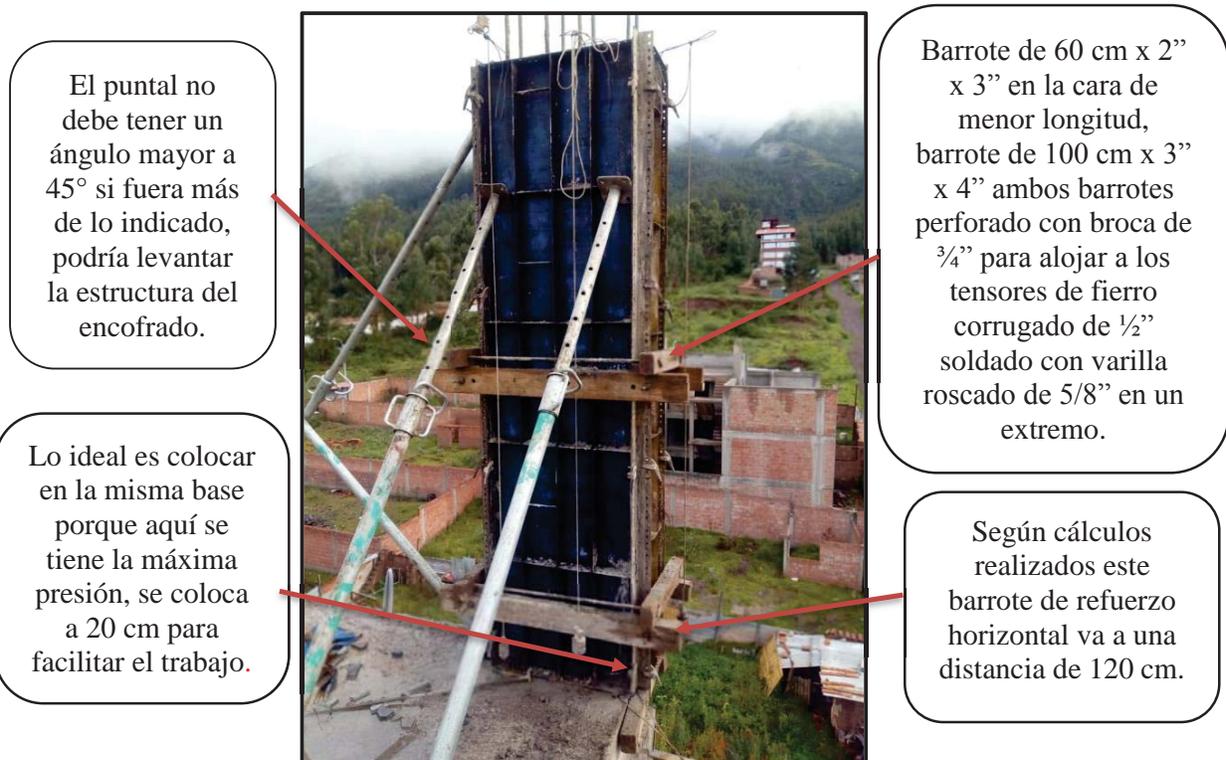
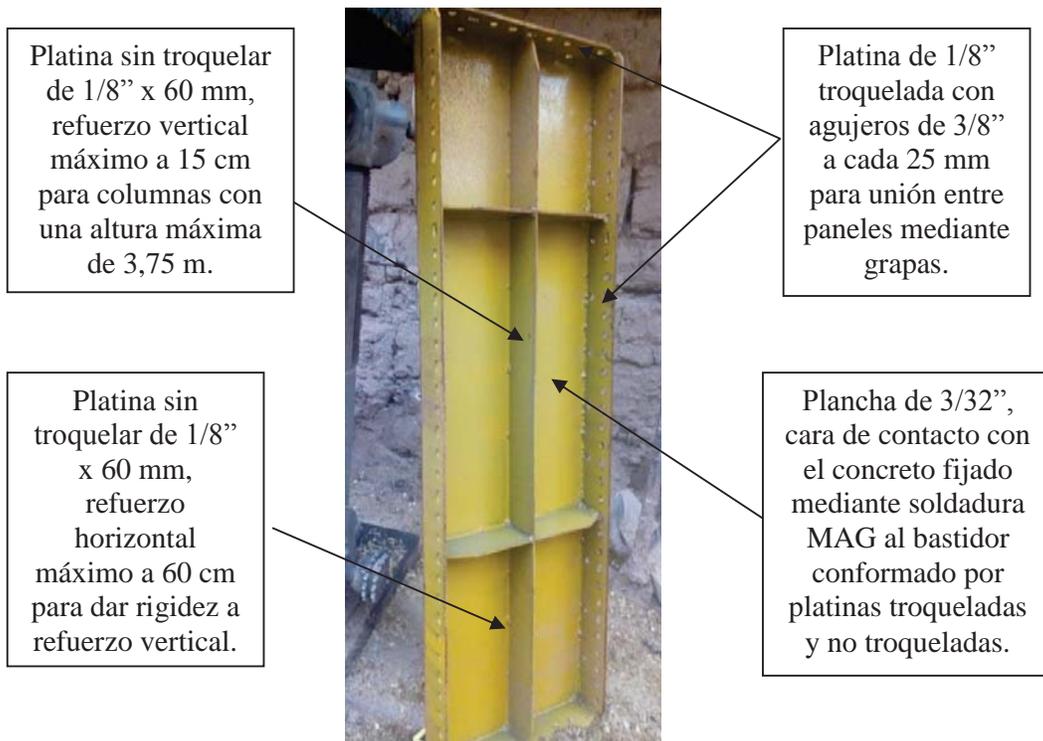
$$V = \frac{W_1 \times l}{2} = 2 \ 023,96 \text{ kg.}$$

Se propone tensores de barrotos con fierro de  $\frac{1}{2}$ " con varilla roscada de  $\frac{5}{8}$ " soldado en la cabeza de fierro construcción de  $\frac{1}{2}$ ", el cual tiene un  $f'y = 4 \ 200 \text{ kg/cm}^2$ .

$$V_{perno} = \text{Area del fierro} \times f'y = 5 \ 421,77 \text{ Kg, es correcto.}$$

Se elige el perno de  $\frac{1}{2}$  que tiene la capacidad de resistir una fuerza cortante máxima de  $5 \ 421,11 \text{ kg}$ , el cual se encuentra muy sobredimensionado puesto que durante el vaciado no solo soporta la presión que genera estos pernos unen los dos barrotos en forma de "H".

**Figura N° 55: Modelo del diseño con encofrado Mixto – Columna.**



*Fuente: Elaboración propia.*

Para el encofrado convencional se requiere 4 barrotes en cada cara de encofrado y en los 02 barrotes de base doble alambre y 02 tensores intermedios en la cara de mayor longitud, se necesita 20 alambres de 140 cm y 12 alambres de 210 cm, se requiere en total 42 m, un kilo tiene 9,12 m se requiere 4,60 kilos el costo por kilo es de 4,50 Nuevos soles en total se invierte 20,72 Nuevos Soles.

### **DISEÑO DE ENCOFRADO MIXTO DE LOSA.**

Lo que se busca con esto es verificar cual sería la variación de encofrado mixto con respecto al encofrado convencional de losa aligerada.

Los puntales tienen descrito sus capacidades de carga, lo que se tiene que analizar con profundidad es el fondo de vigueta con mayor detalle.

#### ***Características generales de la losa aligerada.***

- ✓ Peralte de losa aligerada (PL) = 0,2 m.
- ✓ Peralte del ladrillo o tecnopor (PAlig) = 0,15 m.
- ✓ Ancho del ladrillo o tecnopor (AnAlig) = 0,3 m.
- ✓ Ancho de Viguetas (Anv) = 0,1 m.
- ✓ Peso del ladrillo o tecnopor por m<sup>2</sup> = 80 Kg (consideramos peso del bloquer)
- ✓ Flecha admisible de la losa aligerada = 0,2 cm.
- ✓ Sobre carga (peso de obra temporal + obreros) S/C = 250 Kg/m<sup>2</sup>.
- ✓ Peso específico del concreto (Pe) = 2 400 Kg/m<sup>3</sup>.

#### ***Características de planchas de acero ASTM A36.***

Sección de plancha de contacto con concreto

- ✓ Base (b) = 50 cm
- ✓ Altura (h) = 0,24 cm (3/32")

Sección de plancha de refuerzo de formaletas (tiras troqueladas)

- ✓ Base (b) = 0,32 cm (1/8")
- ✓ Altura (h) = 06 cm

Propiedades físico mecánicas de las planchas de acero ASTM A36

- ✓ Esfuerzo Permisible por flexión ( $\sigma$ ) = 1 890 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Esfuerzo Permisible por corte ( $\tau$ ) = 7 461,87 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Módulo de elasticidad (E) = 2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>

Pie derecho:

- ✓ Pie derecho metálico con capacidad de carga de 750 kg a 3 m de longitud.

Sección de la solera (madera aserrada tipo C según Norma E-010):

- ✓ Base (b) = 2" = 5,08 cm
- ✓ Altura (h) = 4" = 10,16 cm

Propiedades físico mecánicas de la solera:

- ✓ Esfuerzo Permisible por flexión (fm) = 100 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Esfuerzo Permisible por corte (fv) = 12 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Módulo de elasticidad (E) = 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>

### Metrado de Cargas.

Loza aligerada	$= P_L \times P_e \times 1m \times 1m =$	120 Kg/m <sup>2</sup>
Vigueta	$= An_v \times P_{Aliq} \times 1m \times P_e \times \frac{1}{An_v + An_{Aliq}} =$	90 Kg/m <sup>2</sup>
Ladrillo	en funcion a $P_{Aliq}$	80 Kg/m <sup>2</sup>
Sobre carga	Peso de personal y estructura temporal	250 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga total</b>		<b>540 Kg/m<sup>2</sup></b>

Carga distribuida por vigueta:

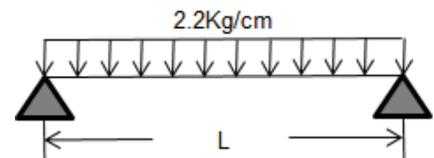
$$An_{tv} = An_v + An_{Aliq} = 0,4 m$$

$$W_{dv} = C_t \times An_{tv} = 216 \text{ Kg/m} = 2,16 \text{ Kg/cm.}$$

### Calculo de Separación entre Soleras.

Siendo L la longitud de separación entre soleras.

$$\text{Carga distribuida sobre fondo de vigueta } W_{dv} = C_t \times An_{tv} = 2,16 \text{ kg/cm.}$$



### Momento de Inercia de la sección de fondo de vigueta extensible (teorema de STEINER)

Como lo realizado para la columna descomponemos la sección transversal en 05 áreas distintas según la figura.

**Tabla 83:** *Calculo del momento de Inercia - Vigüeta.*

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Y1 (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	d	d <sup>2</sup>	A*d <sup>2</sup>	Ī	I=I + Ad <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
3,5	0,24	0,84	2,96	2,49	1,97	3,86	3,25	0,0040	3,25
3,5	0,24	0,84	2,96	2,49	1,97	3,86	3,25	0,0040	3,25
0,24	2,72	0,65	1,60	1,04	0,61	0,37	0,24	0,4025	0,64
0,24	2,72	0,65	1,60	1,04	0,61	0,37	0,24	0,4025	0,64
19,5	0,24	4,68	0,12	0,56	-0,87	0,76	3,58	0,0225	3,60
Sumatorias		7,67		7,62					
Momento de inercia de la seccion transversal									11,38

*Fuente:* Elaboración propia.

$$\bar{Y} = \frac{\sum AY}{\sum A} = 1,02 \text{ cm} \quad d = Y_n - \bar{Y}$$

**a. Momento resistente o flexionante de la formaleta metálica**

Para el cual descomponemos la formaleta metálica en 05 elementos rectangulares simples.

**Primero.** - Para realizar este cálculo, es necesario conocer la ubicación del eje neutro tomaremos el valor calculado para el momento de inercia.

**Segundo.** – Vamos a determinar el momento de inercia con respecto al eje neutro.

**Tabla 84:** *Calculo del momento resistente - Vigüeta.*

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Dis. Total (cm)	Cg (cm)	M Inercia X-X (cm <sup>4</sup> )
3,5	0,24	2,3	0,12	4,00
3,5	0,24	2,3	0,12	0,90
0,24	2,72	2,06	1,36	0,47
0,24	2,72	2,06	1,36	0,47
19,5	0,24	0,78	0,12	0,36
Momento Inercia Total eje Neutro X-X				6,20

*Fuente:* Elaboración propia.

La fórmula para determinar el momento o modulo resistente “S” del perfil de formaleta metálica es:

$$S = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} = 2,84 \text{ cm}^3$$

Dónde: Ixx = Momento de Inercia respecto al eje XX.

Ymax = Es la distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma.

$$Y_{max} = D_{max} - \bar{Y} = 2,18 \text{ cm.}$$

Con los valores obtenidos procedemos a realizar los cálculos

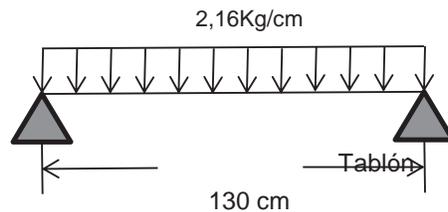
$$\text{Verificación por flexión: } L_s = \sqrt{\frac{10 \times \sigma \times S}{\omega}} = 157,80 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte: } L_s = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 129,74 \text{ cm}$$

$$\text{Verificación por deflexión: } L_s = \frac{\tau \times A}{0,9 \times \omega} = 29\,423,72 \text{ cm}$$

Se toma la menor separación entre soleras  $L_s = 129,74 \text{ cm}$ .

Longitud a considerar en obra  $L_s = 130 \text{ cm}$ .



### Calculo de Separación entre Puntales.

Siendo "L" la longitud de la solera o la separación entre puntales.

$$\text{Carga distribuida sobre la solera } W_{dv} = C_t \times L_s = 7,02 \text{ kg/cm.}$$

$$\text{Momento de Inercia de la solera } I = \frac{b \times h^3}{12} = 443,98 \text{ cm}^4$$

$$\text{Momento resistente flexionante de la solera } S = \frac{b \times h^2}{6} = 87,40 \text{ cm}^3$$

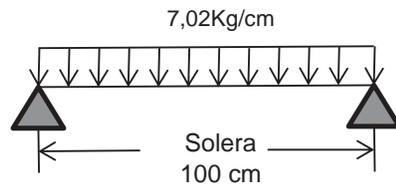
$$\text{Verificación por flexión } L_p = \sqrt{\frac{10 \times fm \times S}{\omega}} = 111,58 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión } L_p = \sqrt[4]{\frac{128 \times \delta \times E \times I}{\omega}} = 112,80 \text{ cm}$$

$$\text{Verificación por corte } L_p = \frac{fv \times b \times h}{0,9 \times W} = 98,03 \text{ cm}$$

Se toma la menor separación entre puntales  $L_p = 98,03$  cm.

Longitud a tomar en obra  $L_p = 100$  cm.



*Calculamos carga de influencia sobre cada puntal.*

$$\omega_p = \omega s \times L_p = 702 \text{ Kg.}$$

Capacidad admisible del puntal es = 700 kg, por consiguiente, el puntal estaría al límite de su capacidad, por el cual es recomendable reducir el espaciado de puntales a 95 cm o en su defecto adquirir puntales más robustos.

*Figura N° 56: Fotografías del encofrado Mixto - Puntales .*



Puntal modificado

Barros de columna

El puntal para que trabaje, se le soldó en la parte superior un fierro angular de  $1 \frac{1}{2}$ " x  $1 \frac{1}{8}$ " con soportes de platina de  $1$ " x  $1 \frac{1}{8}$ ".

Los barros utilizados para tensado de columnas se utilizan también para tensar la viga, el cual ofrece mayores prestaciones, no genera deterioro a los tablonos por perforado y clavado.

**Contra Flecha.** - Desplazamiento negativo a veces indicado en el proyecto que se da, al encofrar elementos estructurales de concreto armado previa al colado.

Es más crítico en losas dependiendo la relación longitud-espesor de la losa, el cual se puede obtener utilizando la siguiente formula:

$$\text{Contra flecha (m m)} = L / 120 + 0,05$$

Dónde: L = longitud en cm., 120 es una constante igual que 0,05.

**Figura N° 57:** Fotografías del encofrado Mixto - Viguetas.



En la primera imagen se observa un fondo de vigueta extensible y en la segunda los fondos de vigueta apoyados sobre las soleras a la espera de cumplir el tiempo especificado para ser desencofrado.

Los fondos de vigueta extensible, es un par de perfiles uno de menores dimensiones en su sección de manera que pueda ser alojado dentro de su par de modo tal que pueda ser extensible, su longitud de trabajo es de 2,50 m hasta 4,70 m. es necesario el apoyo sobre solera de 2" x 4" pues los cálculos nos han arrojado una separación de 1,30 m y la separación de los puntales a la solera de 1,00 m

*Figura N° 58: Rugosidad de columna.*



En esta imagen se observa la columna rayada para proveer una buena adherencia con el acabado pues es muy dificultoso picar cuando el concreto alcanzo su resistencia de diseño También se observa un puntal modificado para trabajar como en fondo de viga.

*Figura N° 59: Asegurado de tecnopor en Solera.*



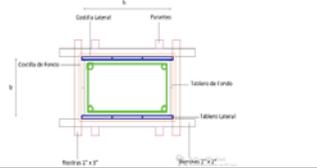
*Fuente: fotografías de propias.*

Con este tipo de encofrado ya no se requiere el uso intensivo de alambre negro #8 el cual tiene un solo uso y genera desorden en obra por el desperdicio que genera su uso y con ello mayor probabilidad de accidentes.

En esta imagen se observa la columna rayada para proveer una buena adherencia con el acabado pues es muy dificultoso picar cuando el concreto alcanzo su resistencia de diseño También se observa un puntal modificado para trabajar como en fondo de viga.

## ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO CON ENCOFRADO MIXTO.

**Tabla 85:** Aporte Unitario de materiales para el encofrado mixto – Columna.

CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA										
Partida: Encofrado de columna.					Ubicación : Laboratorio					
Detalle de columna					Dimensión de la Columna					
					Tablero Lateral =	0,60	m			
					Tablero de Fondo =	0,25	m			
					Costillar Lateral =	0,60	m			
					Costillar de Fondo =	0,25	m			
					Altura =	2,35	m			
					UM =	4,00	m <sup>2</sup>			
<b>1.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO</b>										
Descripción	Cantidad de elementos (A)	Desperdicios por pérdidas de piezas $A \times (1 + \%) = B$		N° usos (C)	Depreciación (B/C) = D	Para m <sup>2</sup> . (D/UM)				
Panel 2,40 m x 0,60 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,003				
Panel 2,40 m x 0,25 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,003				
Esquinero externo 2,40 m.	4	0,00%	4,00	150	0,027	0,007				
Grapas	32	0,83%	32,27	250	0,129	0,032				
Puntal de 3,00 m	4	0,00%	4,00	150	0,027	0,007				
Tensor preparado (85 cm)	4	0,00%	4,00	50	0,080	0,020				
Tensor preparado (47 cm)	4	0,00%	4,00	50	0,080	0,020				
<b>2.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO.</b>										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10%	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Barrotes	4	2	1,00	3,28	4	8,75	9,62	12	0,80	0,20
Barrotes	3	2	0,60	1,97	4	3,94	4,33	12	0,36	0,09
<b>Total de madera en pie tablar =</b>										<b>0,29</b>
<b>3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)</b>										
Descripción	Presentacion	Rendimiento (m <sup>2</sup> .)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Gln.	45	0,09	0,10	1	0,10	<b>0,02</b>			
<b>4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVO PARA UN M<sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)</b>										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 16	0,4		4	0,03	0,03	1	0,03	<b>0,01</b>		
<b>Total Kg de alambre # 16 para un m<sup>2</sup> =</b>										<b>0,01</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 86:** Rendimiento del encofrado y desencofrado del encofrado mixto.

CALCULO DE RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE UNA COLUMNA									
JORNADA	8	UNID:	H/D						
Encofrado de columna.	Área (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /dia)	CUADRILLA				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Encofrado.	4,00	92	1,53	20,84			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,384	0,384	
Desencofrado.	4,00	48	0,80	39,95			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,200	0,200	
<b>Total Horas Hombre =</b>					<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,584</b>	<b>0,584</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 87: Análisis de precio Unitario – Columna.**

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS								
PARTIDA: Encofrado de columna.				UBICACIÓN:		Laboratorio		
JORNADA	8	UNID:	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 13,69	TOTAL %	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Panel 2,40 m x 0,60 m.	Unid.	0,003	S/. 319,33	S/. 1,07		7,78%		
Panel 2,40 m x 0,25 m.	Unid.	0,003	S/. 175,22	S/. 0,58		4,27%		
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	0,007	S/. 60,00	S/. 0,40		2,92%		
Grapas	Unid.	0,032	S/. 6,54	S/. 0,21		1,54%		
Puntal de 3,00 m	Unid.	0,007	S/. 48,00	S/. 0,32		2,34%		
Tensor preparado (85 cm)	Unid.	0,020	S/. 9,00	S/. 0,18		1,32%		
Tensor preparado (47 cm)	Unid.	0,020	S/. 7,00	S/. 0,14		1,02%		
Madera	Pt.	0,291	S/. 2,20	S/. 0,64		4,68%		
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Unid.	0,024	S/. 13,80	S/. 0,34		2,46%		
Alambre # 16	kg.	0,008	S/. 4,50	S/. 0,04		0,27%		
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 3,92</b>	<b>28,61%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	H - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Oficial	hh	0,584	S/. 8,75	S/. 5,11		37,32%		
Peon	hh	0,584	S/. 7,50	S/. 4,38		31,99%		
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 9,49</b>	<b>69,31%</b>	
<b>3.- EQUIPO</b>								
Descripción del Recurso	N°	H - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 9,49	S/. 0,28		2,08%		
<b>Total de Equipo =</b>						<b>S/. 0,28</b>	<b>2,08%</b>	
					TOTAL MATERIAL:	S/. 3,92		
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 9,49		
					TOTAL EQUIPO:	S/. 0,28		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 13,69</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

Con el encofrado mixto propuesto, los costos por m<sup>2</sup> se reducen a 13,69 nuevos soles debido a que se colocan los refuerzos según el cálculo realizado demostrando en campo el encofrado un comportamiento estructural óptimo y las dimensiones de la sección del elemento estructural dentro de la tolerancia establecida,  $\pm i = 0.25\sqrt{dB}$

Dónde:

i = tolerancia en cm

db = dimensión considerada para establecer tolerancia

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 8.1. CONCLUSIONES.

Al comparar las dos Instituciones Educativas, se logró cumplir con los objetivos planteados y se concluye que una de las Instituciones es más eficiente que la otra en el proceso constructivo específicamente en las partidas de Encofrados y es imprescindible el control de la partida de encofrados para que contribuyan a mejorar la productividad, esto a su vez mejorará el costo y tiempo del sistema de encofrados, obteniendo mejores beneficios para la empresa constructora o entidades públicas.

se llegó al siguiente *cuadro de ventajas y desventajas* del sistema de encofrados:

<b>Encofrado con Madera</b>	<b>Encofrado con Triplay</b>	<b>Encofrado Metálico</b>
Mano de obra disponible por ser tradicional. Personal calificado.	Mano de obra medianamente disponible en el medio.	Mano de obra disponible. No se requiere personal especializado.
Rendimiento en columna: 11,484 metros cuadrado por día en nuestro medio. 01operario más 01 oficial.	Rendimientos en columna: 09,069 metros cuadrado por día en nuestro medio. 01operario más 01 oficial.	Rendimientos en columna: 17,247 metros cuadrado por día en nuestro medio.01oficial más 01 peón.
Reutilizable de 4 a 7 usos según, el trato en la manipulación del sistema.	Reutilizable de 4 usos, según el trato en la manipulación del sistema.	Reutilizable de 150 usos a más, según el trato en la manipulación del sistema.
Adaptable a cualquier forma geométrica del elemento estructural.	Flexibilidad adaptable a cualquier forma geométrica del elemento estructural.	Formas ya definidas y tiene que ser modulado al dimensionamiento de los vanos.
Tiene un costo intermedio entre los tipos de encofrado analizado es 52,23 Nuevos Soles por m2. Considerando 4 usos.	Tiene el costo más elevado de los tipos de encofrado analizado es 68,00 Nuevos Soles por m2. Considerando 4 usos.	Mucho más económico si se tiene varios elementos de similar geometría. El costo es 23,89 Nuevos Soles por m2. Considerando 150 usos.
Mayor deformación ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento moderado).	Mayor deterioro ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento cuidadoso).	Menor deterioro ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento simple).

En cuanto al comportamiento estructural tiene como ventaja, el encofrado metálico menores deformaciones laterales durante el proceso de vaciado. En la prueba de laboratorio,

el encofrado metálico sufrió una deformación lateral de 1,13 mm en cambio el encofrado con madera sufrió una deformación lateral de 2,82 mm, debido como causa principal que en el encofrado de madera se utiliza alambre #8 para asegurar los barrotes y eso son los que sufren estiramientos en dirección horizontal.

El uso del encofrado metálico, en la construcción de edificaciones, es un método novedoso y práctico, el cual nos permite acelerar el proceso constructivo, logrando una mayor rentabilidad en proyectos de gran magnitud con elementos estructurales similares. Reduciendo tiempo de construcción y costos de mano de obra.

El sistema tradicional es eficiente y económica para la construcción de edificaciones pequeñas porque se tiene elementos estructurales de diferentes geometrías y se tiene la facilidad de obtener los materiales que lo constituyen.

El diseño del sistema de encofrados, en nuestro entorno es reducido y llevado a cabo de manera empírica, es decir no se emplea un diseño de encofrados, a pesar que el cálculo y la elaboración de los encofrados es uno de los aspectos más importantes. Se tiene que elaborar paneles y formas con mayor capacidad de soportar cargas y mayor número de usos, permitiendo un ahorro en cuestión de tiempo y costos de proyecto.

Se observa que en la mayoría de los proyectos no se cuenta con planos de encofrados, solo se utilizan los planos estructurales y de detalle; los encofrados más sujetos a presentar fallas en las formas y/o molde o estructura misma, son los verticales, específicamente en columnas, debido a la gran cantidad de presión que se genera en la parte inferior de las formas y/o molde.

De los datos obtenidos se tiene que en obras públicas los rendimientos de mano de obra son bajos en comparación con empresas privadas, porque los contratistas tienen un mayor control de rendimiento sobre su personal.

## **8.2. RECOMENDACIONES.**

En proyectos de gran magnitud es recomendable el uso de encofrados metálicos por contar con elementos estructurales de similar geometría, para ello las piezas deben mantenerse limpias antes de colocar y después de cada vaciado de esta manera se asegura la mayor cantidad de usos. Tener las precauciones del caso al momento de ensamblar y desensamblado para evitar deterioros y pérdidas de piezas pequeñas.

Para viviendas familiares y proyectos pequeños es recomendable el uso del sistema tradicional para reducir el costo elevado de los paneles, puesto que el diseño de una vivienda

pequeña a otro proyecto de gran magnitud varía considerablemente, por consiguiente, el método tradicional es más versátil.

Es recomendable el análisis de costos y rendimiento previo a la selección de qué sistema de encofrado resulta más económico.

Se debe tener en cuenta que para el vaciado se necesita ensamblar adecuadamente los paneles para evitar fallas en los elementos estructurales durante el vaciado, el cual podría resultar muy peligroso por las características que el sistema posee y el costo que este podría generar por desperdicio de concreto.

El diseño y construcción de sistema de encofrados mixtos (metálicos, rollizos y tablas) resultan más eficientes y económicos en obras de mediana y gran magnitud debido a la resistencia de los materiales que lo conforman permite una cantidad de usos mayor a los encofrados tradicionales que reducen los costos a largo plazo. Es necesario que en un proyecto de construcción tenga una persona encargada de los diseños de encofrados, análisis de cargas sometidas a la forma y/o molde, planificación y realización de planos de encofrados.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar estudios comparativos del rendimiento de los encofrados de metal y plástico en otras obras como pavimentos, canales y reservorios. Realizar evaluaciones del mantenimiento adecuado del encofrado metálico en zonas húmedas.

Con el uso de encofrados metálicos es de vital importancia la modulación de las diferentes dimensiones de paneles, para ello es imprescindible tener un plano de encofrado (ensamblaje) del elemento estructural a encofrar en él se determinan con anterioridad la cantidad de formaletas metálicas y sus diversos accesorios para el ensamblaje y debido asegurado del encofrado.

En los trabajos de encofrados con madera para proyectos pequeños, es recomendable el uso de especies madereras de grupo C con densidad básica de 0,40 – 0,55 g/cm<sup>3</sup> según clasificación E-010 puesto que presenta buen comportamiento a la trabajabilidad de corte clavado y taladrado su secado natural es rápido y su durabilidad moderada, en cambio las especies madereras del grupo A con densidad básica mayor a 0,71 g/cm<sup>3</sup> es recomendable su utilización como pies derechos por ser maderas duras y poco trabajables y cuyo principal defecto es que al ser clavados se parten con facilidad.

## BIBLIOGRAFÍA.

- ACI 347. (2004).** *Guía de Formaletas para Concreto.*
- CAPECO, (1979).** *Cámara Peruana de la Construcción, Construcción de Estructuras, Manual de Obra.*
- Confederación Peruana de la Madera (2008).** *Compendio de información técnica de 32 especies forestales, Tomo II, Lima-Perú.*
- Dr. Ingeniero de Montes Carlos Baso López (1998).** *Usos alternativos de la madera de Eucalipto Perspectivas de utilización en carpintería y mobiliario – Belo Horizonte Brazil*
- EFCO (2009)** *Manual de Montaje de Paneles Manuales.*
- Harmsem, Teodoro E. (2002).** *Diseño de estructuras de concreto armado. 3a Edición, Pontificia Universidad Católica de Perú.*
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales (2008).** *Guía práctica de encofrados. 1ª Edición, OSALAN. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, País Vasco, España.*
- Jorge Castañeda y William López, (2015).** “Análisis comparativo entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social”, pag.29-33.
- Julio Pacheco Zúñiga, (2006).** *El Maestro de Obra – Tecnología de la Construcción. Pag. 123-148.*
- Nienhuys Sjoerd (1972).** “Diseño Construcción de Encofrado”, Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- M. S. Antonio Arostegui V, M. S. Victor R. Gonzales F, Ing. Alberto Sato A.** *Propiedades Tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt – Revista forestal del Perú.*
- Molina Fonseca j. y Toloza Quintero m. (2008).** “Metodología del sistema constructivo con formaleta metálica tipo manoportable”, universidad industrial de santander, Bucaramanga.
- Moreno Gordillo C, (2014).**” *Comparación entre el Sistema Convencional de Encofrado y las Plataformas Intermedias de Trabajo; caso: Estación Presbítero Maestro”.*
- Pedro Martínez Carrasco (2008)** *Recopilación de reglas, normas y recomendaciones para la escritura de números y unidades del Sistema Internacional, SI.*

- Peña Aznar J. (1980).**” *Estudio Sobre Encofrado de Madera Modernas*”, *Informes de la construcción Vol. 32 N°318,1980.*
- RNE, (2006).** *Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060. Concreto Armado, Capitulo 6. Encofrados.*
- Rodolfo Castillo Aristondo, (1983).** *Manual Básico del Ingeniero Residente en Edificación.*
- Ing. Ftal. María Elena Atencia (2003).** *Densidad de maderas (Kg/m3) ordenadas por nombre común INTI – CITEMA.*
- R.L. Peurifoy, (1978).** *Encofrados para estructuras de hormigón, pág. 20-78.*
- Rueda Poveda, María C. y Cayama Reincon, Armando J., (2003).** “*Cálculo del Encofrado de Elementos Estructurales de Concreto Armado en la Industria de la Construcción*”, Maracaibo, Venezuela.
- Oribe, Y. (2014).**” *Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la Ciudad de Lima*” (Tesis de Grado). *Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.*
- Oscar Vásquez Bustamante, (2011).** *Todo sobre Norma técnica Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas.*
- Vigas y tableros de madera para encofrar**, recuperado de  
[https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/84988/CATALOGO\\_VIGAS-y-TABLEROS\\_ES.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/84988/CATALOGO_VIGAS-y-TABLEROS_ES.pdf)

ANEXO N° 01: Matriz de Consistencia.

1. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	FACTORES	INDICADORES
<b>P.G:</b> ¿Cuál es la diferencia de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?	<b>OG:</b> Comparar la eficiencia de los encofrados metálicos y encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017	<b>HG:</b> El encofrado metálico será eficaz que el encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017. <b>Ho:</b> El encofrado metálico SI será eficaz que el encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017. <b>Ha:</b> El encofrado metálico NO será eficaz que el encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017.	<b>X:</b> Encofrado metálico y encofrado de madera <b>Y:</b> Eficiencia	<b>X1:</b> Costos <b>X2:</b> comportamiento <b>X3:</b> Factores climaticos <b>Y1:</b> Rendimiento	<b>X11:</b> Soles <b>X21:</b> Presion Kg/m2 <b>X31:</b> Temperatura <b>X32:</b> Humedad <b>X33:</b> Precipitacion <b>Y11:</b> Tiempo <b>Y12:</b> Calidad <b>Y12:</b> Horas Hombre
<b>PE1:</b> ¿Cuáles son los costos de materiales y mano de obra al emplear encofrados metálicos y encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?	<b>OE1:</b> Cuantificar los costos de materiales y mano de obra al emplear encofrados metálico y encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017	<b>HE1:</b> Los costos de materiales y mano de obra al emplearse encofrados metálicos son económicos respecto a los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017 <b>HE1o:</b> Los costos de materiales y mano de obra al emplearse encofrados metálicos SI son económicos respecto a los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017 <b>HE1a:</b> Los costos de materiales y mano de obra al emplearse encofrados metálicos NO son económicos respecto a los encofrados de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017	<b>X1:</b> Costos <b>Y:</b> Eficiencia	<b>X11:</b> Soles <b>Y11:</b> Tiempo <b>Y12:</b> Calidad <b>Y12:</b> Horas Hombre	<b>X11:</b> Soles <b>Y11:</b> Tiempo <b>Y12:</b> Calidad <b>Y12:</b> Horas Hombre
<b>PE2:</b> ¿Cuál sera el comportamiento estructural de los encofrados metálicos y encofrados de madera durante el vaciado del concreto en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017?	<b>OE2:</b> Determinar el comportamiento estructural de los encofrados metálicos y encofrado de madera durante el vaciado del concreto, en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017	<b>HE2:</b> EL comportamiento estructural de encofrados metálicos es resistente respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017 <b>HE2o:</b> EL comportamiento estructural de encofrados metálicos SI es resistente respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017 <b>HE2a:</b> EL comportamiento estructural de encofrados metálicos NO es resistente respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017	<b>X2:</b> Comportamiento <b>Y:</b> Eficiencia	<b>X21:</b> Presion Kg/m2 <b>X22:</b> Resistencia <b>Y11:</b> Tiempo <b>Y12:</b> Calidad <b>Y12:</b> Horas Hombre	<b>X21:</b> Presion Kg/m2 <b>X22:</b> Resistencia <b>Y11:</b> Tiempo <b>Y12:</b> Calidad <b>Y12:</b> Horas Hombre

**ANEXO N° 02: Encuesta.**

**1. Cuento de edificaciones en ejecución de la ciudad del Cusco – Wanchaq – 2017.**

N°	Edificaciones en ejecución	Elemento estructural	Madera	Metal	Mad/Metal	Observación.
1	Av. Manco Capac # 435	Columnas	X			
2	AA. HH. Vallecito A-29	Columnas	X			
3	I.E. de Chachacomayoc	Columnas	X			
4	Av Huayruropata 1600	Columnas		X		Inmobiliaria "AR"
5	Av. Primavera 440	Columnas		X		
6	AA. HH. Vallecito A-26	Columnas	X			
7	Pasj. Amauta P2-6	Columnas			X	
8	Pasj. Cusco N2-11	Columnas	X			
9	Psj. San Francisco	Columnas	X			
10	Jr. Libertad L-32-B	Columnas	X			
11	Parque Industrial B-7	Columnas	X			
12	Parque Industrial I-3	Columnas	X			
13	AV. Republica K-6	Columnas		X		
14	Urb. José Carlos Mariátegui	Columnas	X			
15	Av. Los libertadores B1-4	Columnas	X			
16	Av. República de Venezuela LH-7	Losa	X			
17	Av. Manco Cápac # 440	Losa	X			
18	Av. Huayruropata 1640-A	Losa			X	
19	Av Tomasa Tito Condemayta	Losa	X			
20	Jirón la convención	Losa			X	
21	Urb. Las begonias B-1	Losa	X			
22	Av. Velasco Astete F-8	Losa		X		
23	AA.HH. Vallecito A-22	Losa	X			
24	Calle Koricancha A-2-23	Losa	X			
25	Pasj. Indoamericana	Losa	X			
26	Pasj. Amauta O-20	Losa	X			
27	Pasj. Ayacucho R2-14	Losa	X			Inmobiliaria "ARQUIANDEM"
28	Av. Jorge Chávez C3-13	Losa	X			
29	Pasj. Palmeras Z2-8	Losa			X	
30	Urb. Reyna de Belén A-4	Losa		X		
31	Pasj. Unión B2-5	Losa	X			

32	Av. Infancia 412	Losa			X	
33	Jr. Libertad H-17	Losa	X			
34	Jr. Urcos A-8	Losa			X	
35	Jr Justicia I-8	Losa	X			
36	Jr. Espinar I-1	Losa	X			
37	Jr. Acomayo C-21-20	Losa	X			inmobiliaria "EL EDEM"
38	Los Cipreses	Losa	X			
39	Jr. Los Sauces	Losa			X	
40	Urb. Los sauces G-6	Losa	X			
41	APV. Los Jardines B-6	Losa			X	
42	C.H. Cahuide A-5	Losa	X			
43	Urb. San Teresa D-6	Losa			X	
44	Urb. Alamos C-11	Viga	X			
45	Pasj. Amauta O-16	Viga	X			
46	Urb. Reyna de Belén C-2	Viga	X			
47	Parq. Quispincanchi A-16	Viga	X			
48	Calle Brillantes B-38 Kenedy A	Viga	X			
49	Urb. José Carlos Mariátegui B-2-A	Viga			X	
50	Av. Costanera Z-18	Viga	X			
<b>Total</b>			35	6	9	

### ANEXO N° 03: Tablas del Diseño Mezclas.

#### 1. Tablas utilizadas en el cálculo del diseño de mezcla.

CUADRO N°3: CÁLCULO DE LA RESISTENCIA REQUERIDA EN FUNCIÓN A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA

RESISTENCIA ESPECIFICADA $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA REQUERIDA $f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

CUADRO N°1: FACTOR DE CORRECCIÓN ( $\lambda$ ) EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE ENSAYOS

NÚMERO DE ENSAYOS (*) $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRECCIÓN ( $\lambda$ ) EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Menos de 15	EMPLEAR LA TABLA (Item b)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

TABLA N° 1: AGUA (kg/m³) PARA EL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO								
SLUMP (mm)	9,5 mm (3/8 ")	12,5 mm (1/2 ")	19,0 mm (3/4 ")	25 mm (1 ")	37,5 mm (1 1/2 ")	50 mm ( 2 ")	75 mm ( 3 ")	150 mm ( 6 ")
<b>SIN AIRE INCORPORADO EN EL CONCRETO</b>								
25 - 50 (1 " - 2 ")	207	199	190	179	166	154	130	113
75 - 100 (3 " - 4 ")	228	216	205	193	181	169	145	124
150 - 175 (6 " - 7 ")	243	228	216	202	190	178	160	140
AIRE ATRAPADO	3%	2.5%	2.2%	1.5%	1.5%	0.5%	0.3%	0.2%
<b>CON AIRE INCORPORADO AL CONCRETO</b>								
25 - 50 (1 " - 2 ")	181	175	168	160	150	142	122	107
75 - 100 (3 " - 4 ")	202	193	184	175	165	157	133	119
150 - 175 (6 " - 7 ")	216	205	197	184	174	166	154	140
TOTAL DE AIRE								
EXPOSICIÓN MEDIA	4.5%	4.0%	3.5%	3.0%	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%
EXPOSICIÓN MODERADA	6.0%	5.5%	5.0%	4.5%	4.5%	4.0%	3.5%	3.0%
EXPOSICIÓN SEVERA	7.5%	7.0%	6.0%	6.0%	5.5%	5.0%	4.5%	4.0%

## ANEXO N° 04: Especificaciones Técnicas.

### 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRIPLAY O FENÓLICO.

#### Ficha Técnica.

Atributos	Detalles
<b>Características</b>	Tablero de aglomerado revestido con papeles decorativos de alta resistencia superficial.
<b>Marca</b>	Producto Exclusivo
<b>Espesor</b>	18 mm
<b>Medidas</b>	2.44 x 1.22 m
<b>Color</b>	Natural
<b>Usos</b>	"Ideal para encofrados y para construcción de muebles, tabiquerías y divisiones."
<b>Recomendaciones</b>	Tener cuidado en el transporte.
<b>Procedencia</b>	Brasil
<b>Espesor</b>	18 mm.
<b>Formato de tablero</b>	1.22 x 2.44 m.



(Mestro, 2018)

### 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TRIPLAY FENOLICO DOBLE FILM.

Los triplay fenólicos se utilizan en estructuras de concreto armado, puentes, columnas, vigas, paredes, etc. La utilización de este material no necesita de tarrajeo posterior a la obra. Da una caravista muy lisa, abaratando los costos en la construcción. Este hecho de Pino Alamo Poplar. (NUEVAERA, 2019)

<b>Fenólico estándar.</b>	<b>Fenólico Premium.</b>
◦ Pino alamo Abedul	◦ Pino álamo Abedul
◦ Medida de 1.22x2.44	◦ Medida de 1.22x2.44
◦ Espesor de 18 mm	◦ Espesor de 18 mm
◦ # de usos 10	◦ # de usos 15
◦ Capas 11	◦ Capas 10
◦ Doble film	◦ Doble film
◦ Pegamento WBP	◦ Pegamento fenólico
◦ Procedencia China	◦ Procedencia China



### Recomendaciones técnicas de uso.

El triplay fenólico viene con sus cantos sellados de fábrica, sin embargo, para una mejor utilización, durabilidad y aminorar el ingreso de humedad por capilaridad en sus primeros usos, sugerimos sellar siempre los cantos antes de sus usos, con selladores para madera o en base aceite, poliuretanos, acrílicos o epóxicos.

Usar un desmoldante adecuado (se recomienda un desmoldante químicamente reactivo, para superficies no porosas) antes del inicio, como luego de cada descimbrado.

Al limpiar los moldajes, una vez usados, utilizar espátulas de fibra, materiales sintéticos o de madera, para no dañar sus caras con herramientas metálicas. Siempre almacenar los paneles a la sombra.

Los triplays fenólicos son muy resistentes a la abrasión y al impacto, no obstante, al igual que con toda superficie terminada, se debe cuidar el aspecto de la velocidad de colada y utilizar vibradores adecuados para no dañar las caras del encofrado.

### Bastidores para fenólicos.

Los bastidores son usados frecuentemente en paneles para los encofrados de columna, encofrados de vigas, paredes, piso de losa, etc. Se arman con triplay fenólicos doble film, triplay lupuna nacional, fenólico b/c, etc. Los bastidores ayudan a la estructura triplay dando rigidez al panel finalizando con el llenado del concreto. (NUEVAERA, 2019)

**Especies de madera utilizadas:** selecta nacional, TORNILLO

**Aplicaciones:** ENCOFRADO CON FENOLICO para concreto armado.

**Medidas Estándar:**

2"x3"x8'

3"x3"x8'

## 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PIE DERECHO DE MADERA.

En la construcción el pie derecho de madera va de forma vertical que sirve para bajar otro horizontal o inclinado. El pie derecho suele llevar zapata arriba o abajo, sostiene la viga o vigueta para el armado del piso de losa. (NUEVAERA, 2019)

**Especies de madera utilizadas:** selecta nacional, TORNILLO.

**Aplicaciones:** Se utiliza en la construcción como soporte de viga o fundo de viga con unas crucetas.

Medidas Estándar:

2"x3"x10'

4"x4"x12'



#### 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE METALEX.

Con los encofrados metálicos METALEX ofrecemos una amplia variedad de tipos y dimensiones estructurales y no estructurales, que nos permiten satisfacer las necesidades y exigencias de la construcción. (METALEX, 2018)

*Superficie de contacto:* Lámina aceitada y decapada 2,5 mm

*Bandas de acople:* Lámina hot Rolled 3,0 mm

*Refuerzos:* Lámina cold Rolled 1,9 mm

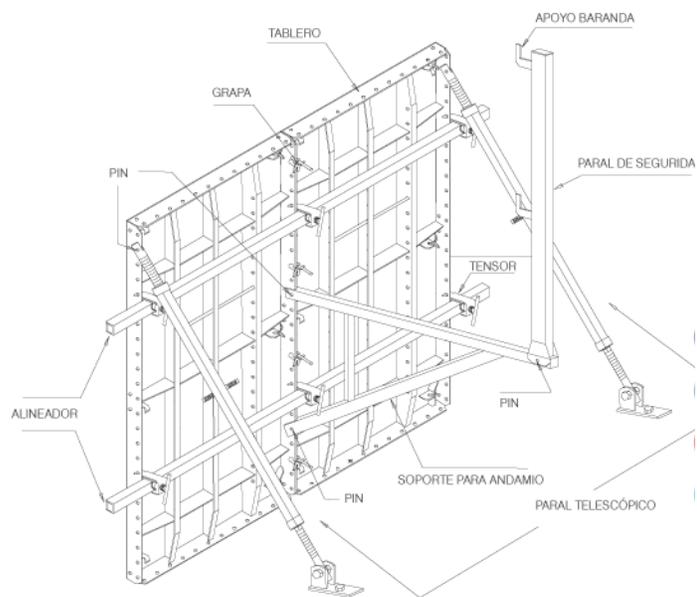
*Ensamble:* Soldadura de alta penetración (Equipos MIG)

*Pintura:* Anticorrosivo primer color verde oliva

*Durabilidad:* 1 000 usos

*Peso máximo por unidad:* 25kg

*Presión máxima de vaciado (h=2,4m):* 4 800 kg/m<sup>2</sup>



#### 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FORMESAN.

##### MATERIAL

Combinación de acero y metal de diferentes espesores los cuales garantizan resistencia a los esfuerzos de la fundición.

##### RESISTENCIA

Resistente a la corrosión y esfuerzos de tensión y compresión

##### PESO MÁXIMO

Peso módulo 240 cm X 60 cm = 52 Kg

##### MEDIDAS ESTÁNDAR

La altura de los paneles varía entre 60 a 240 cm.  
El ancho desde 5 cm a 60 cm dependiendo las especificaciones.



### características del FORMESAN.



### 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EFCO.

El Sistema paneles manuales de EFCO totalmente en acero y de alta resistencia, fue el producto con el que inició EFCO hace 80 años. Esto fue antes de que se tuvieran grúas para manejar grandes sistemas de paneles. Durante los primeros 20 años de EFCO, desde 1934 hasta 1954, la compañía solo se dedicaba a rentar su sistema de encofrado manual.

<p><i>Durable.</i> Cara de contacto en aleación de acero.</p> 	<p><i>Eficiente:</i> fácil de usar.</p> 
<p><i>Liviano:</i> solo un trabajador.</p> 	<p><i>Acabado de concreto uniforme:</i> junta entre paneles de una sola línea.</p> 
<p><i>Versatilidad:</i> ofrece ahorros en tiempo y dinero.</p> 	<p><i>Fácil de Manipular:</i> Mano de obra no especializada.</p> 

## ANEXO N° 05: Calculo de Materiales para el encofrado.

### 1. Encofrado de Madera de la Columna C-2

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA - C2										
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNAS										
COLUMNA: C-2					Dimensión de la columna					
					Tablero Lateral =	0,80	m			
					Tablero de Fondo =	0,25	m			
					Costillar Lateral =	0,80	m			
					Costillar de Fondo =	0,25	m			
					Altura =	3,75	m			
					UM =	7,88	m2			
1.- CANTIDAD DE MADERAS										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G =)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	4	1,5	3,75	12,30	2	12,30	13,53	4	3,38	0,43
Tablones	8	1,5	3,75	12,30	8	98,43	108,27	4	27,07	3,44
Tablones	10	1,5	3,75	12,30	2	30,76	33,83	4	8,46	1,07
Barrotes	3	2	1,20	3,94	12	23,62	25,98	7	3,71	0,47
Barrotes	3	2	0,60	1,97	12	11,81	12,99	7	1,86	0,24
Puntales	3	2	3,00	9,84	8	39,37	43,31	10	4,33	0,55
<b>Total de Mdera en pie2 =</b>										<b>6,20</b>
2.- CANTIDAD DE PIE DERECHO.										
Descripción	Sección		Longitud		Cant. elem.	Desperdicio del palo Rollizo		N° usos	Unid/N° usos	U. M.
	Diametro (Pulg.)	M. L.	Pies	5%		0,10				
Rollizo de 4" 10'	4	3,00			2	2,10		9	0,23	0,03
2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripción	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Petroleo (Desmoldante)	Gn.	20	0,39	0,43	1	0,43	0,06			
3.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS.										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavo (Kg)	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,30		18	2,57	2,95	1	2,95	0,37		
Alambre # 8	2,20		18	4,34	4,99	1	4,99	0,63		
Clavo de 3"			148	0,82	0,95	2	0,47	0,06		
Clavo de 4"			24	0,26	0,29	2	0,15	0,02		

### 2. Encofrado de Madera de la columna C-5.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA - C5										
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNAS										
COLUMNA: C-5					Dimensión de la columna					
					Tablero Lateral =	0,80	m			
					Tablero de Fondo 1=	0,25	m			
					Tablero de Fondo 2=	0,25	m			
					Costillar Lateral 1=	0,25	m			
					Costillar Lateral 2=	0,25	m			
					Costillar de Fondo 1=	0,25	m			
					Costillar de Fondo 2=	0,30	m			
					Costillar de Fondo 3=	0,25	m			
					Altura =	3,75	m			
					UM =	9,75	m2			
1.- CANTIDAD DE MADERAS										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicio Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G =)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp. (Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	3,75	12,30	7	107,65	118,42	4	29,60	3,04
Tablones	8	1,5	3,75	12,30	4	49,21	54,13	4	13,53	1,39
Tablones	6	1,5	3,75	12,30	2	18,45	20,30	4	5,08	0,52
Barrotes	3	2	1,20	3,94	6	11,81	12,99	7	1,86	0,19
Barrotes	3	2	0,60	1,97	18	17,72	19,49	7	2,78	0,29
Barrotes	3	2	0,50	1,64	24	19,69	21,65	7	3,09	0,32
Puntales	3	2	3,05	10,01	12	60,04	66,04	10	6,60	0,68
<b>Total de Madera en pie2 =</b>										<b>6,42</b>

2.- CANTIDAD DE PIE DERECHO.										
Descripción	Sección		Longitud		Cant. elem.	Desperdicios del Rollizo.		N° usos	Unid/N° usos	U. M.
	Diametro (Pulg.)	M. L.	Pies	5%		0,15				
Rollizo de 4" 10'	4				3	3,15		9	0,35	0,04
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripción	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	20	0,49	0,54	1	0,54	0,06			
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambre y Clavos (Kg)	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8	1,3		36	5,13	5,90	1	5,90	0,61		
Alambre # 8	2,5		18	4,93	5,67	1	5,67	0,58		
Alambre # 8	1,9		18	3,75	4,31	1	4,31	0,44		
Clavo de 3"			192	1,07	1,23	2	0,61	0,06		
Clavo de 4"			36	0,39	0,45	2	0,23	0,02		

### 3. Encofrado de Madera de la Viga V-201-A.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA VIGA - Vi 201-A										
PARTIDA: ENCOFRADO DE VIGA 201-A										
Viga: Bloque I Eje F'(12-13) típico					Dimensión de la Viga					
					Componente	longitud	P/Anch	Area	Unid.	
					Costado 1	4,13	0,20	0,83	m <sup>2</sup> .	
					Costado 2	3,68	0,40	1,47	m <sup>2</sup> .	
					Fondo	3,68	0,25	0,92	m <sup>2</sup> .	
							U.M. =	3,22	m <sup>2</sup> .	
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO (PIES TABLAR CUADRADO)										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicios Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp(Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablon para fondo	10	1,5	3,68	12,07	1	15,09	16,60	3	5,53	1,72
Tablon costado 1	8	1,5	3,73	12,24	1	12,24	13,46	3	4,49	1,39
Tablon costado 2	8	1,5	4,13	13,55	1	13,55	14,90	3	4,97	1,54
Tablon costado 2	10	1,5	4,13	13,55	1	16,94	18,63	3	6,21	1,93
Barrotes	3	2	0,75	2,46	6	7,38	8,12	7	1,16	0,36
Barrotes	3	2	0,45	1,48	6	4,43	4,87	7	0,70	0,22
Soleras	4	2	3,05	10,00	2	13,33	14,67	7	2,10	0,65
Tornapuntas	2	1,5	0,75	2,46	6	3,69	4,06	7	0,58	0,18
Cabezales	3	2	0,75	2,46	6	7,38	8,12	7	1,16	0,36
Uniones S-P	2	1,5	0,30	0,98	6	1,48	1,62	5	0,32	0,10
Tornapuntas	2	1,5	0,50	1,64	12	4,92	5,41	7	0,77	0,24
Arriostres laterales	4	2	3,05	10,00	2	13,33	14,67	7	2,10	0,65
Cuñas	4	2	0,30	0,98	6	3,94	4,33	5	0,87	0,27
Total de Madera en Pie Tablar =									9,62	
2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripción	Presentacion	Rendimiento (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Petroleo (Desmoldante)	Gln.	20	0,16	0,18	1	0,18	0,06			
3.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)										
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Rollizo de Ø4" x 12'.			6		6,30	9	0,70	0,22		
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripción	Sección		Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	Lo (Pulg.)	An (Pulg.)	M. L.	Pies						
Alambre # 8			1,5		6	0,99	1,13	1	1,13	0,35
Alambre # 8			1,4		6	0,92	1,06	1	1,06	0,33
Total Kg de Alambre # 8 Para un metro cuadrado =									0,68	
5.- CANTIDAD DE CLAVO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripción	Sección		Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	Lo (Pulg.)	An (Pulg.)	M. L.	Pies						
Clavo de 3"					96	0,53	0,61	2	0,31	0,10
Clavo de 4"					12	0,13	0,15	2	0,07	0,02
Total Kg de Clavo de diferentes medidas para un metro cuadrado =									0,12	

#### 4. Encofrado de Madera de la Viga Vi-201.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA VIGA															
PARTIDA: ENCOFRADO DE VIGA 201															
Viga: Bloque I Eje G'(11-12) típico						Dimensión de la Viga									
						Componente	longitud	P/Anch	Area	Unid.					
						Costado 1	3,70	0,20	0,74	m <sup>2</sup> .					
						Costado 2	3,70	0,20	0,74	m <sup>2</sup> .					
						Fondo	3,20	0,25	0,80	m <sup>2</sup> .					
						U.M. =				2,28	m <sup>2</sup> .				
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO DE LA VIGA (PIES TABLAR CUADRADO)															
Descripcion	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicios Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)					
	An. (Pulg.)	Esp(Pulg.)	M. L.	Pies (B)											
Tablon para fondo	10	1,5	3,68	12,07	1	15,09	16,60	3	5,53	2,43					
Tablon costado 1	8	1,5	3,73	12,24	1	12,24	13,46	3	4,49	1,97					
Tablon costado 2	8	1,5	4,13	13,55	1	13,55	14,90	3	4,97	2,18					
Barrotes	3	2	0,45	1,48	12	8,86	9,74	7	1,39	0,61					
Cabezales	3	2	0,75	2,46	6	7,38	8,12	7	1,16	0,51					
Uniones S-P	2	1,5	0,30	0,98	6	1,48	1,62	5	0,32	0,14					
Tornapuntas	2	1,5	0,50	1,64	12	4,92	5,41	7	0,77	0,34					
Cuñas	4	2	0,30	0,98	6	3,94	4,33	5	0,87	0,38					
Total de Madera en Pie Tablar =										8,55					
2.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)															
Descripcion	Presentacion	Rendimiento (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.								
Desmoldante para madera	Gln.	20	0,11	0,13	1	0,13	0,06								
3.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)															
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.							
	M. L.	Pies													
Rollizo de Ø4" x 12'.			6		6,30	9	0,70	0,31							
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)															
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.							
	M. L.	Pies													
Alambre # 8	1,4		6	0,92	1,06	1	1,06	0,46							
Total Kg de Alambre # 8 Para un metro cuadrado =										0,46					
5.- CANTIDAD DE CLAVO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (KG.)															
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.							
	M. L.	Pies													
Clavo de 3"			36	0,20	0,23	2	0,12	0,05							
Clavo de 4"			24	0,26	0,29	2	0,15	0,06							
Total Kg de Clavo de diferentes medidas para un metro cuadrado =										0,11					

#### 5. Encofrado de Fenólico de la Columna – PL -1.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA - PL-1											
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNA PL-1 (0,60 X 0,25 m.)											
Detalle de columna						Dimensión de columna					
						Tablero Lateral =	1,20	m			
						Tablero de Fondo =	0,25	m			
						Costillar Lateral =	1,20	m			
						Costillar de Fondo =	0,25	m			
						Altura =	2,70	m			
						UM =	7,83	m2			
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA (PIES TABLAR CUADRADO)											
Descripcion	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicios Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)	
	An. (Pulg.)	Esp(Pulg.)	M. L.	Pies (B)							
Tablones	10	1,5	3,00	9,84	2	24,61	27,07	4	6,77	0,86	
Listones	3	2	3,00	9,84	20	98,43	108,27	4	27,07	3,46	
Barrotes	3	2	1,70	5,58	10	27,89	30,68	4	7,67	0,98	
Barrotes	3	2	0,75	2,46	8	9,84	10,83	4	2,71	0,35	
Total de Madera en pie tablar =										5,65	

2.- CANTIDAD DE PLANCHAS DE TRIPLAY (UNID.)									
Descripcion	Espesor (mm.)	Longitud		Area requerida (m2.)	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Plancha triplay 10%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.
		Largo (m.) (A)	Ancho (m.)						
Plancha de triplay	19	2,44	1,22	6,858	2,30	2,53	4	0,63	0,08
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)									
Descripcion	Presentacion	Rendimiento	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
Desmoldante para madera	Gln.	15	0,52	0,57	2	0,29	0,04		
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)									
Descripcion	Diametro (pulg.)	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.
		M. L.	Pies						
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.				2		2,10	9	0,23	0,03
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)									
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.	
	M. L.	Pies							
Alambre # 8	1,5		28	4,61	5,30	1	5,30	0,68	
Alambre # 8	3,3		16	1,75	2,02	1	2,02	0,26	
Total Kg de Alambre # 8 para m2 =								0,93	
6.- CANTIDAD DE CLAVO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (KG.)									
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.	
	M. L.	Pies							
Clavo de 2"			96	0,32	0,37	2	0,18	0,02	
Clavo de 3"			36	0,20	0,23	2	0,12	0,01	
Clavo de 4"			24	0,26	0,29	2	0,15	0,02	
Total Kg de Clavo para m2 =								0,06	

## 6. Encofrado de Fenólico de la Columna – C-4.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA										
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNA C-4 (0,60 X 0,25 m.)										
Detalle de columna				Dimensión de columna						
				Tablero Lateral =	0,60	m				
				Tablero de Fondo 1=	0,25	m				
				Tablero de Fondo 2=	0,75	m				
				Costillar Lateral =	1,00	m				
				Costillar de Fondo 1=	0,25	m				
				Costillar de Fondo 2=	0,35	m				
				Altura =	2,70	m				
				UM =	8,64	m2				
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO DE LA LOSA ALIGERADA (PIES TABLAR CUADRADO)										
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicios Madera 10% (Dx1.10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp(Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	3,00	9,84	2	24,61	27,07	4	6,77	0,78
Listones bastidor	3	2	3,00	9,84	12	59,06	64,96	4	16,24	1,88
Listones bastidor	3	2	0,60	1,97	2	1,97	2,17	4	0,54	0,06
Listones bastidor	3	2	1,00	3,28	2	3,28	3,61	4	0,90	0,10
Listones bastidor	3	2	0,70	2,30	2	2,30	2,53	4	0,63	0,07
Barrotes	3	2	0,75	2,46	4	4,92	5,41	4	1,35	0,16
Barrotes	3	2	1,00	3,28	5	8,20	9,02	4	2,26	0,26
Barrotes	3	2	1,50	4,92	4	9,84	10,83	4	2,71	0,31
Barrotes	3	2	1,00	3,28	5	8,20	9,02	4	2,26	0,26
Riostras	3	2	3,00	9,84	4	19,69	21,65	4	5,41	0,63
Barrotes	0	2	0,90	2,95	10	0,00	0,00	4	0,00	0,00
Total de Madera en pie tablar =								4,52		
2.- CANTIDAD DE PLANCHAS DE TRIPLAY (UNID.)										
Descripcion	Espesor (mm.)	Longitud		Area requerida (m2.)	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Plancha triplay 10%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.	
		Largo (mts.)	Ancho (mts.)							
Plancha de triplay	19	2,44	1,22	7,857	2,64	2,90	4	0,73	0,08	

3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripcion	Presentacion	Rendimiento (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Desmoldante para madera	Gln.	15	0,58	0,63	2	0,32	0,04			
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)										
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.			2		2,10	9	0,23	0,03		
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripcion	Seccion		Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	Lo (Pulg.)	An (Pulg.)	M. L.	Pies						
Alambre # 8			1,50		26	4,28	4,92	1	4,92	0,57
Alambre # 8			2,90		12	1,32	1,51	1	1,51	0,18
Alambre # 8			2,10		15	1,64	1,89	1	1,89	0,22
<b>Total Kg de Alambre # 8 para m2 = 0,96</b>										
6.- CANTIDAD DE CLAVO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripcion	Seccion		Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicios Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.
	Lo (Pulg.)	An (Pulg.)	M. L.	Pies						
Clavo de 2"					184	0,61	0,71	2	0,35	0,04
Clavo de 3"					44	0,24	0,28	2	0,14	0,02
Clavo de 4"					24	0,26	0,29	2	0,15	0,02
<b>Total Kg de Clavo para m2 = 0,07</b>										

## 7. Encofrado de Fenólico de la Columna – C-1.

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA										
PARTIDA: ENCOFRADO DE COLUMNA C-1 (0,25 X 0,30 m.)										
Detalle de columna				Dimensión de la columna						
				Tablero Lateral =	0,30	m				
				Tablero de Fondo =	0,25	m				
				Costillar Lateral =	0,30	m				
				Costillar de Fondo =	0,25	m				
				Altura =	2,70	m				
				UM =	2,97	m2				
1.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA (PIES TABLAR CUADRADO)										
Descripcion	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 (AxBxC)/12 = (D)	Desperdicios Madera 10% (Dx1,10)= (E)	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)
	An. (Pulg.)	Esp(Pulg.)	M. L.	Pies (B)						
Tablones	10	1,5	3,00	9,84	2	24,61	27,07	3	9,02	3,04
Listones	3	2	3,00	9,84	8	39,37	43,31	4	10,83	3,65
Barrotes	3	2	0,80	2,62	8	10,50	11,55	7	1,65	0,56
Barrotes	3	2	0,90	2,95	10	14,76	16,24	7	2,32	0,78
<b>Total de Madera en Pies2 = 8,02</b>										
2.- CANTIDAD DE PLANCHAS DE TRIPLAY (UNID.)										
Descripcion	Espesor (mm.)	Longitud		Area requerida (m2.)	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Plancha triplay 10%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.	
		Largo (m.) (A)	Ancho (m.)							
Plancha de triplay	19	2,44	1,22	1,998	0,67	0,74	4	0,18	0,06	
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)										
Descripcion	Unidad	Rendimiento (m2.)	Cantidad requerida	Desperdicios 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.			
Desmoldante (Chemalac Extra)	Gln.	15	0,20	0,22	2	0,11	0,04			
4.- CANTIDAD DE PIE DERECHO Y/O MUERTO PALO ROLLIZO PARA UN M2 DE ENCOFRADO (UNID.)										
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Cantidad total (Unid.)	Desperdicios Rollizo 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Rollizo de Ø4" x 3,00 m.			2		2,10	9	0,23	0,08		
5.- CANTIDAD DE ALAMBRE PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)										
Descripcion	Longitud		Cant. elem.	Alambres y Clavos en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.		
	M. L.	Pies								
Alambre # 8			36	5,92	6,81	1	6,81	2,29		
<b>Total Kg de Alambre # 8 para m2 = 2,29</b>										
Clavo de 2"			62	0,21	0,24	2	0,12	0,04		
Clavo de 3"			36	0,20	0,23	2	0,12	0,04		
Clavo de 4"			16	0,17	0,20	2	0,10	0,03		
<b>Total Kg de Clavo para m2 = 0,11</b>										

**ANEXO N° 06: Fotografías.**

**1. FOTOGRAFIAS DEL ENCOFRADO DE MADERA EN LA I.E. DE CHACHACOMAYOC.**

Fotografía N° 01	Fotografía N° 02
	
<p>En la fotografía se observa el encofrado del cimiento corrido.</p>	<p>Después del cimiento corrido, realizaron el encofrado de las columnas.</p>

Fotografía N° 03	Fotografía N° 04
	
<p>Se observa ya casi en conclusión de la columna que ya tiene forma de L.</p>	<p>Están aplomando para verificar si está bien alineado.</p>

Fotografía N° 05	Fotografía N° 06
	
<p>Aquí se observa el encofrado de una placa donde ya se realizo el vaciado.</p>	<p>Realizaron el desencofrado, en el cual tubo deficiencias (muchos poros)</p>

Fotografía N° 07	Fotografía N° 08
	
<p>Todas las columnas se encuentran desencofradas</p>	<p>Empezndo el segundo nivel, con el encofrado de vigas</p>

**Fotografía N° 09**



Encofrado de vigas

**Fotografía N° 10**



Encofrado de vigas, siempre manteniendo su nivel

**Fotografía N° 11**



Encofrado de losa, colocando las tablas para el colocado de los ladrillos

**Fotografía N° 12**



Encofrado de losa, colocando los ladrillos

**Fotografía N° 13**



Traslado de los materiales para el inicio del encofrado de las columnas

**Fotografía N° 14**



Se observa el inicio del encofrado de columnas

**Fotografía N° 15**



El encofrado de columna con sus respectivos puntales

**Fotografía N° 16**



Se observa el aplomado del encofrado de la columna

Fotografía N° 17	Fotografía N° 18
	
<p>Inicio del encofrado de columna de tipo T en el se presento dificultad al encofrar.</p>	<p>Encofrado de olumnas en el segundo nivel</p>

## 2. FOTOGRAFIAS DEL ENCOFRADO METALICO EN LA I.E. DE HUASAO.

Fotografía N° 01	Fotografía N° 02
	
<p>en la fotografia se observa el encofrado del cimiento corrido</p>	<p>El cimiento corrido con encofrado metalico</p>

**Fotografía N° 03**



En la fotografía se observa el encofrado del cimiento corrido

**Fotografía N° 04**



Panorama del bloque que se realiza el analisis del encofrado metalico

**Fotografía N° 05**



aquí se observa el encofrado de una placa

**Fotografía N° 06**



Encofrado sobre cimiento

Fotografía N° 07	Fotografía N° 08
	
<p>Encofrado de columnas, ahí se obserba la colocacion de los barrotes</p>	<p>Todas las columnas se encuentran desenconfradas</p>

Fotografía N° 09	Fotografía N° 10
	
<p>Encofrado de sobre cimientos, ya en proceso de vaciado</p>	<p>Limpieza de los paneles o formaletas</p>

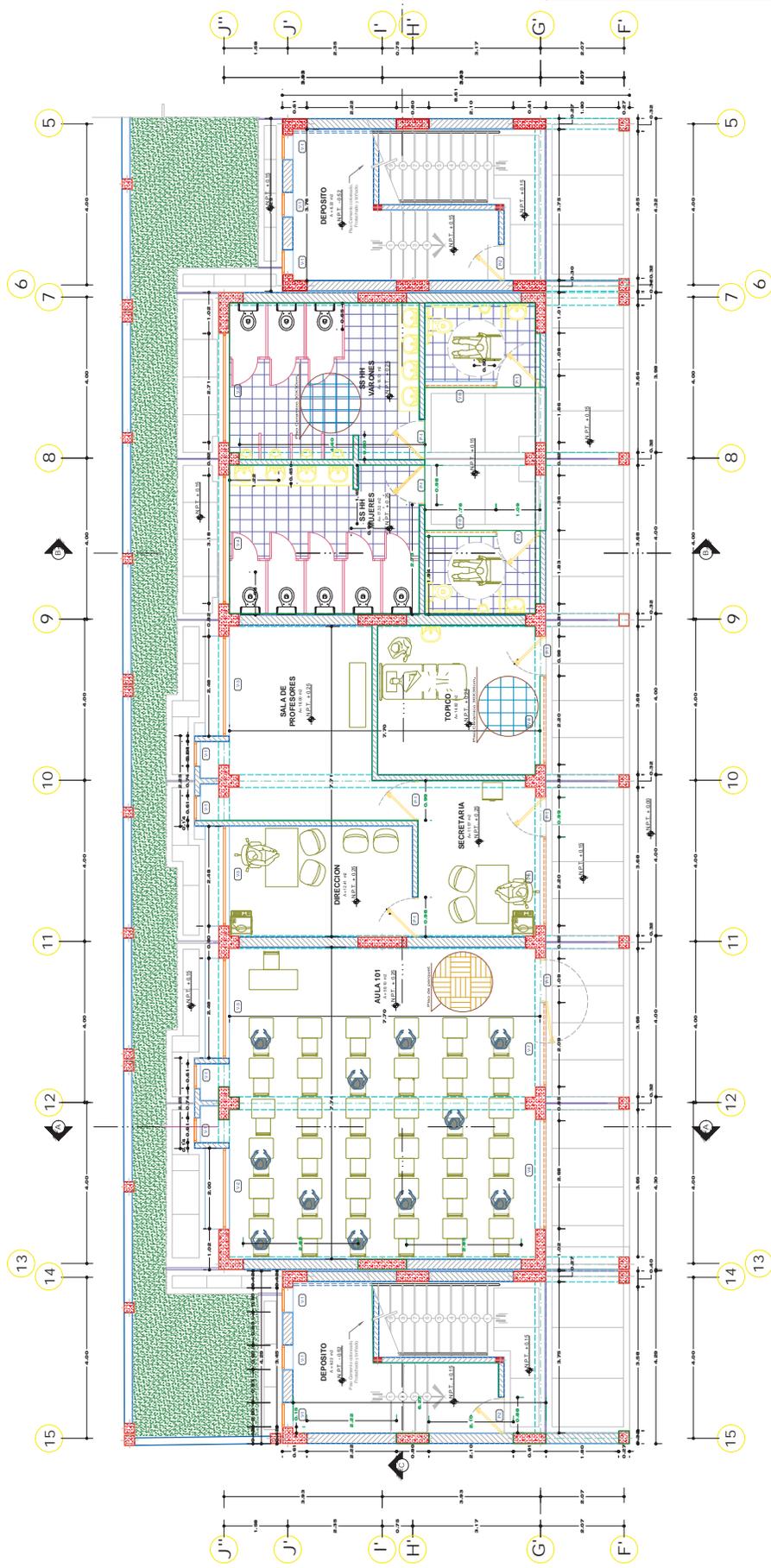


**ANEXO N° 07: Planos.**

**Correio Regional de Infraestructura**  
 Ing. RONALD EZEQUIEL MARANTE  
 Sub Gerente de Estudios de Ingeniería  
 Ing. WASHINGTON ALFARANDI SELLER  
**PROYECTO:**  
**MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE CORREO EN LA PRIMARIA DE LA 1ª Y 3ª CALLE DEL CENTRO DE MANA KALLI, CUSCO - PERU.**  
**DIRECCIÓN:**  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 LOCALIDAD : CUSCO  
**ESPECIALIDAD :** ARQUITECTURA  
**PROYECTISTA:** INGENIERO ARQUITECTO ABOGADO

**PLANO:**  
 PLANTA DE DISTRIBUCION DEL PRIMER NIVEL  
 PROYECTO 1

**Laminas:**  
 PLANOS  
 A-06



PRIMER NIVEL - BLOQUE O1  
ESC 1:50

CUADRO DE VANOS

VENTANAS		PUERTAS	
NÚMERO	ANCHO x ALTO (M)	NÚMERO	ANCHO x ALTO (M)
V1	3.70 x 2.00	P1	1.50 x 2.25
V2	3.30 x 2.00	P2	2.00 x 2.25
V3	3.30 x 2.00	P3	1.50 x 2.25
V4	3.30 x 2.00	P4	1.50 x 2.25
V5	3.30 x 2.00	P5	1.50 x 2.25
V6	3.30 x 2.00	P6	1.50 x 2.25
V7	3.30 x 2.00	P7	1.50 x 2.25
V8	3.30 x 2.00	P8	1.50 x 2.25
V9	3.30 x 2.00	P9	1.50 x 2.25
V10	3.30 x 2.00	P10	1.50 x 2.25
V11	3.30 x 2.00	P11	1.50 x 2.25
V12	3.30 x 2.00	P12	1.50 x 2.25
V13	3.30 x 2.00	P13	1.50 x 2.25
V14	3.30 x 2.00	P14	1.50 x 2.25
V15	3.30 x 2.00	P15	1.50 x 2.25
V16	3.30 x 2.00	P16	1.50 x 2.25
V17	3.30 x 2.00	P17	1.50 x 2.25
V18	3.30 x 2.00	P18	1.50 x 2.25
V19	3.30 x 2.00	P19	1.50 x 2.25
V20	3.30 x 2.00	P20	1.50 x 2.25
V21	3.30 x 2.00	P21	1.50 x 2.25
V22	3.30 x 2.00	P22	1.50 x 2.25
V23	3.30 x 2.00	P23	1.50 x 2.25
V24	3.30 x 2.00	P24	1.50 x 2.25
V25	3.30 x 2.00	P25	1.50 x 2.25
V26	3.30 x 2.00	P26	1.50 x 2.25
V27	3.30 x 2.00	P27	1.50 x 2.25
V28	3.30 x 2.00	P28	1.50 x 2.25
V29	3.30 x 2.00	P29	1.50 x 2.25
V30	3.30 x 2.00	P30	1.50 x 2.25

PUERTAS	
ANCHO	ALTO (M)
P1	1.50 x 2.25
P2	2.00 x 2.25
P3	1.50 x 2.25
P4	1.50 x 2.25
P5	1.50 x 2.25
P6	1.50 x 2.25
P7	1.50 x 2.25
P8	1.50 x 2.25
P9	1.50 x 2.25
P10	1.50 x 2.25
P11	1.50 x 2.25
P12	1.50 x 2.25
P13	1.50 x 2.25
P14	1.50 x 2.25
P15	1.50 x 2.25
P16	1.50 x 2.25
P17	1.50 x 2.25
P18	1.50 x 2.25
P19	1.50 x 2.25
P20	1.50 x 2.25
P21	1.50 x 2.25
P22	1.50 x 2.25
P23	1.50 x 2.25
P24	1.50 x 2.25
P25	1.50 x 2.25
P26	1.50 x 2.25
P27	1.50 x 2.25
P28	1.50 x 2.25
P29	1.50 x 2.25
P30	1.50 x 2.25



