

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DE ENCOFRADOS EN; MADERA (AGUANO), METAL LAF (LAMINADOS EN FRÍO) Y PLÁSTICO ABS (ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO) UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE WANCHAQ - CUSCO, 2016.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**  
**Bachiller: ARAPA MAMANI VICTOR ALBERTO**

**ASESOR: Mg. Sc. Ing. Civil GORKI FEDERICO ASCUE SALAS**  
**ASESOR: Dr. EDWARDS JESÚS AGUIRRE ESPINOZA.**

**CUSCO - PERÚ**  
**2017**

## DEDICATORIA

Este trabajo está especialmente dedicado con mi amor y cariño a mis padres, quienes son los merecedores de todos nuestros éxitos, por su incansable dedicación, ayuda y amor incondicional.

A mi familia y hermanos, cuñadas, amigos quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida en todos mis proyectos personales. Y en especial para ti Maritza.

A todos, que a pesar de los obstáculos de la vida, siempre se levantan y luchan por hacer de este mundo un lugar mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradezco Dios, a mis padres y hermanos y a todas aquellas personas que de alguna manera me apoyaron frente a las adversidades que se presentan en todo momento de la vida.

Agradezco a mi asesor Mg. Sc. Ing. Civil Gorki F. Ascue Salas, por su paciencia y apoyo en el desarrollo de trabajo de investigación y despejar dudas que se presentaron durante el desarrollo de mi tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de mi formación académica me enseñaron y orientaron para adquirir los conocimientos y enseñarme a ser perseverante y que lo aprendido no es suficiente.

A la Coordinadora de la Escuela Profesional Ing. Liliana del Castillo Paredes, por su comprensión frente a nuestro ímpetu, igualmente a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron para que las metas trazadas se hayan concluido.

El Autor.

# INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
INDICE .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICO .....	VII
LISTA DE ANEXO .....	VIII
LISTA DE TABLA DE ANEXO .....	VIII
PANEL FOTOGRÁFICO .....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3. ÁREA DE ESTUDIO .....	4
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.4.1. Problema General .....	5
1.4.2. Problema Específico .....	5
1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivo Especifico .....	6
1.6. JUSTIFICACIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.6.1. Originalidad.....	6
1.6.2. Pertinencia.....	7
1.6.3. Relevancia .....	7
1.6.4. Oportunidad.....	8
1.6.5. Factibilidad.....	8
CAPÍTULO II.....	9
HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	9
2.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.1.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	9
2.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	9

2.2.	VARIABLES.....	9
2.2.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	9
2.2.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	9
CAPÍTULO III.....		10
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....		10
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
3.1.1.	Tipo de investigación.....	10
3.1.2.	Nivel de investigación.....	10
3.1.3.	Método.....	10
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.2.1.	Unidad de estudio.....	11
3.2.2.	Muestra de estudio.....	11
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	11
CAPÍTULO IV.....		12
MARCO TEÓRICO.....		12
4.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
4.2.	BASES TEÓRICAS.....	14
4.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	16
4.3.1.	Elementos estructurales.....	16
4.3.2.	Encofrado.....	17
4.3.3.	Cargas que actúan en los encofrados.....	18
4.3.4.	Clasificación de los encofrados.....	21
4.3.4.1.	Encofrado de madera.....	21
4.3.5.	Encofrado de metal.....	21
4.3.5.1.	Encofrado metal EFCO.....	22
4.3.6.	Encofrado de plástico.....	22
4.3.7.	Encofrado cartón.....	23
4.3.8.	Encofrado de aluminio.....	23
CAPÍTULO V.....		24
MATERIALES Y MÉTODOS.....		24
5.1.	MATERIALES.....	24
5.2.	TIPOS DE ENCOFRADOS.....	24
5.2.1	ENCOFRADO DE MADERA AGUANO.....	24
5.2.2	ENCOFRADO DE METAL.....	29

5.2.3 ENCOFRADO DE PLASTICO (ABS) .....	34
5.2.4 ENCOFRADO MIXTO (madera - metal) .....	39
5.3. MÉTODO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	40
5.3.1. Censo de obras en edificación presentes en el distrito de Wanchaq .....	40
5.4. TAMAÑO DE MUESTRA .....	43
5.4.1. Tamaño de muestra para edificaciones en la elaboración de vigas con encofrado en madera.....	44
5.4.2. Tamaño de muestra para edificaciones en la elaboración de columnas con encofrado en madera.....	45
5.4.4. Tamaño de muestra para edificaciones con sistema mixto.....	45
5.5. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO UTILIZADOS.....	46
5.5.1. Criterios considerados para determinar la calidad de acabados en los elementos estructurales. ....	49
5.6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS .....	51
5.7. Comparación del encofrado de madera, metal y plástico .....	61
CAPÍTULO VI .....	62
ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	62
6.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL CENSO REALIZADO .....	62
6.1.1. Tipo de obras por su naturaleza de ejecución .....	62
6.1.2. Obras por el número de pisos ejecutados.....	63
6.2. CALIDAD DE ACABADOS EN CADA UNO DE LOS TIPOS DE ENCOFRADO.....	64
6.3.1. Diferencias entre los encofrados metálicos encontrados en obras.....	69
6.3. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO DEL ENCOFRADOS DE MADERA, METAL (LAF) Y PLASTICO (ABS) .....	71
6.3.1. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en madera.....	71
6.3.2. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en Metal.....	75
6.3.3. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en Plástico .....	77
6.4. ANÁLISIS DEL COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENCOFRADOS DE MADERA, METAL Y PLÁSTICO.....	79
CAPÍTULO VII .....	81
DISCUSIONES Y RESULTADOS.....	81
CAPÍTULO VIII .....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Peso de losas macizas de concreto armado .....	18
TABLA 2	Peso de losas macizas de concreto armado .....	18
TABLA 3	Propiedades Mecánicas de la Madera.....	26
TABLA 4:	Censo periodo de Julio a Octubre – 2016 .....	40
TABLA 5	Resumen del Censo realizado, periodo de Julio a Octubre – 2016.....	42
TABLA 6	Clasificación de obras en función a los elementos estructurales ejecutados....	43
TABLA 7	Selección de la muestra a encuestar .....	47
TABLA 8	Mano de obra para encofrado de madera .....	49
TABLA 9	Mano de obra para encofrado metálico .....	49
TABLA 10	Mano de obra para el encofrado de Plástico .....	49
TABLA 11	Materiales utilizados en cada sistema .....	50
TABLA 12	Evaluación funcional del encofrado en madera .....	52
TABLA 13	Evaluación funcional del encofrado en metálico .....	54
TABLA 14	Evaluación funcional del encofrado de Plástico.....	56
TABLA 15	Evaluación técnica del sistema tradicional de encofrado (madera).....	58
TABLA 16	Evaluación técnica del encofrado en metal .....	59
TABLA 17	Evaluación técnica del encofrado en plástico.....	60
TABLA 18	Comparación del encofrado de madera y metal (LAC) y plástico (ABS) .....	61
TABLA 19	Calidad de encofrado en Madera .....	65
TABLA 20	Calidad de encofrado en Metal .....	66
TABLA 21	Calidad de encofrado en Plástico .....	67
TABLA 22	Metrado de Columnas en edificaciones con encofrado en madera.....	71
TABLA 23	Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Columnas .....	72
TABLA 24	Metrado de Vigas en edificaciones con encofrado en madera .....	73
TABLA 25	Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Vigas.....	73
TABLA 26	Metrado de Losa en edificaciones con encofrado en madera .....	74
TABLA 27	Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Losa .....	74
TABLA 28	Metrado de Columnas en edificación con encofrado en metal.....	75
TABLA 29	Rendimiento y Tiempo del encofrado en Metal Tipo I .....	76
TABLA 30	Metrado de Columnas en edificación con encofrado en metal .....	77
TABLA 31	Metrado de Columnas en edificación con encofrado en Plástico.....	78
TABLA 32	Rendimiento y Tiempo del encofrado en Plástico.....	78
TABLA 33	Valorización del encofrado de Madera .....	79
TABLA 34	Valorización del encofrado de Metal .....	79
TABLA 35	Valorización del encofrado de Plástico.....	79
TABLA 36	Resumen de presupuesto de inversión en cada caso de material utilizados..	80

## ÍNDICE DE GRÁFICO

<b>GRÁFICO 1: Presión ejercida por el concreto en encofrado de columna.....</b>	<b>19</b>
<b>GRÁFICO 2: Elementos del encofrado metálico.....</b>	<b>32</b>
<b>GRÁFICO 3: Elementos del encofrado metálico.....</b>	<b>33</b>
<b>GRÁFICO 4: Fórmula química del encofrado reutilizable AB.....</b>	<b>35</b>
<b>GRÁFICO 5: Dimensione del encofrado Geoplast.....</b>	<b>37</b>
<b>GRÁFICO 6: Accesorios del encofrado Geoplast.....</b>	<b>38</b>
<b>GRÁFICO 7: Combinaciones del encofrado.....</b>	<b>38</b>
<b>GRÁFICO 8: Sistema mixto, puntales de apoyo en losa.....</b>	<b>39</b>
<b>GRÁFICO 9 Edificaciones en procesos constructivos en el distrito de Wanchaq....</b>	<b>42</b>
<b>GRAFICO 10 Edificaciones que presentan un tipo de encofrado según a la actividad realizada.....</b>	<b>44</b>
<b>GRAFICO 11 Capacitación de Mano de Obra.....</b>	<b>50</b>
<b>GRÁFICO 12 Funcionalidad del sistema tradicional (madera).....</b>	<b>53</b>
<b>GRÁFICO 13 Funcionalidad del sistema de encofrado en metal.....</b>	<b>55</b>
<b>GRÁFICO 14 Funcionalidad del sistema de encofrado en Plástico.....</b>	<b>57</b>
<b>GRÁFICO 15 Técnica y funcionalidad del encofrado en madera.....</b>	<b>58</b>
<b>GRÁFICO 16 Técnica y funcionalidad del encofrado en metal.....</b>	<b>59</b>
<b>GRÁFICO 17 Técnica y funcionalidad del encofrado en plástico.....</b>	<b>60</b>
<b>GRÁFICO 18 Tipos de obras en ejecución por su naturaleza.....</b>	<b>62</b>
<b>GRÁFICO 19 Obras por el número de pisos.....</b>	<b>63</b>
<b>GRAFICO 20 Valorización de implementación de encofrado de madera, metal y plástico en columnas.....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE ANEXO

ANEXO 1. NÚMERO DE VIVIENDAS CENSADAS EN EL DISTRITO DE WHANCHA.....	1
ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA .....	3
ANEXO 3. HOJAS DE COTIZACIÓN DE COTIZACIÓN DE LOS ENCOFRADOS .....	5
ANEXO 4. HOJAS DE CALCULO DE CALIDAD, TIEMPO Y COSTO .....	8
ANEXO 5 . PLANOS ELABORADOS DURANTE LA INVESTIGACION .....	29

## LISTA DE TABLA DE ANEXO

Tabla 1. Formato de Censo de Obras en Ejecución .....	1
Tabla 2. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Madera .....	8
Tabla 3. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Metal .....	9
Tabla 4. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Plástico ....	10
Tabla 5. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de madera.....	11
Tabla 6. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de metal. ....	12
Tabla 7. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de plástico.....	13
Tabla 8. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de madera en columnas.....	14
Tabla 9. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Metal Obra I.....	15
Tabla 10. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Metal Obra II.....	16
Tabla 11. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Plástico .....	16
Tabla 12. Metrado de Madera en Columna con encofrado de madera .....	17
Tabla 13. Metrado de Columna con encofrado de Metal .....	18
Tabla 14. Metrado de Columna con encofrado de Plástico .....	18
Tabla 15. Metrado de Madera en Columna con encofrado de Metal.....	19
Tabla 16. Metrado de Madera en Columna con encofrado de Plástico.....	20
Tabla 17. Salario con beneficios sociales.....	21
Tabla 18. Análisis de Costo Unitario de la Madera .....	21
Tabla 19. Análisis de Costo Unitario del encofrado de Metal.....	22
Tabla 20. Análisis de Costo Unitario del encofrado de Plástico.....	22

## PANEL FOTOGRÁFICO

FOTO 1 Encofrado de columna de 0.25 X0.50 X 2.40 m – con panel manual.....	23
FOTO 2 Encofrado de columna de 0.25 X0.60 X 2.40 m – con panel manual .....	23
FOTO 3 Encofrado de vigas de 0.25 X 4.25 m – con panel manual conectados (base)...	24
FOTO 4 Encofrado de vigas de 0.25 X 4.25 m – con panel manual con conexiones (tapas laterales) .....	24
FOTO 5 Inmobiliaria EL EDEM 6 piso en ejecución .....	25
FOTO 6 Encofrado de Placa con Panel metálico.....	25
FOTO 7 Encofrado de columnas con panel metálico .....	26
FOTO 8 Encofrado de placas con panel de madera .....	26
FOTO 9 Encofrado de columnas con tablas de madera .....	27
FOTO 10 Encofrado de columnas con formas de plástico .....	27
FOTO 11 Encofrado de losa con madera y puntales metálicos .....	28
FOTO 12 Después del desencofrado de las formas de madera se muestra el acabado de las vigas .....	28
FOTO 13 Control de la regularidad y error en la superficie de las columnas.....	29
FOTO 14 Control del nivel de las caras de las columnas.....	29

## RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar y analizar los encofrados en; madera (Aguano), metal LAF (Laminados en Frio) y plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) utilizados en la construcción de edificaciones para lo cual primero se realizó un censo de todas las obras en edificación en proceso de construcción y luego se realizó una visita a las obras más representativas que mostraban el uso de encofrado en madera y metal. El proceso de análisis se inició observando qué tipo de encofrado utilizaban, para el caso de metal sólo se encontró 3 obras con ese tipo, por lo cual se trabajó con la inmobiliaria que permitió la visita a sus obras en ejecución. En el caso del encofrado en madera se trabajó con una inmobiliaria que usa este tipo de material en la ejecución de sus obras.

Para realizara el análisis de costos, se utilizó hojas de cotización facilitadas por las empresas proveedoras de dichos productos. Luego se realizó la comparación de cada uno de los sistemas de encofrado, se elaboró tablas de comparación considerando ciertos criterios tomados como base del trabajo desarrollado por Oribe.

Al finalizar el análisis comparativo de cada uno de los sistemas de encofrado utilizados; se concluye el trabajo de investigación indicando que el encofrado en Plástico es el que mayor rendimiento y efectividad tiene en obras de edificación pero que su adquisición para el mercado local es muy caro por el momento, por otro lado el encofrado de metal al igual que el plástico ofrece mejor rendimiento y eficiencia muchas obras presentan sistema mixto es decir trabajan con madera y metal debido a que el encofrado en metal está bien difundido en nuestro medio desde hace 5 años pero su implementación para todos los trabajos en edificación siguen siendo costosos.

## INTRODUCCIÓN

El encofrado es un elemento importante del concreto armado en edificaciones, debido a los servicios que va a proporcionar, durante el vaciado del concreto y después de éste hasta que el concreto llegue a su resistencia mínima.

La madera es la materia prima más usada en la elaboración del encofrado desde que el hombre desarrolló las habilidades en la ingeniería. En nuestro medio las maderas más usadas para encofrados son; aguano, corriente y eucalipto.

La ingeniería es una de las actividades que usa la madera en demasía para diferentes trabajos, contribuyendo en el uso excesivo de los recursos forestales del medio y de la región. Como se sabes desde hace muchos años la ingeniería está innovando la tecnología que aplica para la ejecución de diferentes actividades en la construcción, es ahí donde surgen otros materiales que permitan reemplazar a la madera como materia prima para la elaboración de los encofrados, siendo el metal y el plástico.

La construcción genera residuos sólidos que no tienen una disposición final adecuada para nuestro medio, siendo uno de los factores que contribuye a la contaminación del medio ambiente.

Por otra parte, los requerimientos comerciales y técnicos están reduciendo el plazo de ejecución en obras civiles. Es por ello que éste trabajo estudió el uso de los encofrados metálicos y encofrados de plástico, que contribuyen al aumento en la velocidad de construcción de elementos verticales, permitiendo mejorar la eficiencia en los procesos constructivos y en consecuencia mejorar el tiempo en las actividades de encofrado en obra.

Es por ello que la finalidad del estudio a realizar durante este trabajo es entregar la información necesaria para entender cómo funciona y cuánto cuesta implementar un sistema de encofrado en edificaciones, permitiendo así discernir qué tipo de encofrado usar en los elementos estructurales en edificaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

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 su denominación en los países latinoamericanos; 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 (SENCICO, 2001).

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 cáscaras y concreto cara vista (SENCICO, 2001).

En la industria de la construcción existe tres renglones primordiales, que representan el mayor porcentaje del presupuesto de cualquier tipo de obra civil, estos son: el concreto, el refuerzo metálico, este último en ocasiones llega ser el más costoso de todos, por lo que debe tratarse con sumo cuidado. El desarrollo del encofrado ha estado creciendo paralelamente con la construcción de obras de concreto armado, por lo que fabricantes y diseñadores de encofrados han tenido que estar pendientes de estos avances. La progresiva admisión del concreto con un medio arquitectónico, les origina a los constructores de encofrados una serie de inconvenientes en el desarrollo adecuado de los materiales de revestimiento y refuerzo (Rueda y Cayama, 2003).

Por otro lado se tiene la problemática de los residuos sólidos de construcción. La mitad de los materiales empleados en la industria de la Construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente en el ámbito de la

Unión Europea (UE) 450 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos, que en la actualidad es sólo de un 28% (en el caso de España, un 5%), lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas (SYMONDS, 1999).

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados (ANIK, 1996).

Los residuos que llegan a los vertederos contienen un 75% de escombros desglosados en los siguientes materiales:

<b>MATERIAL</b>	<b>VOLUMEN (%)</b>
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrios	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfaltos	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

*Fuente: (España, 2007).*

En la actualidad en la ciudad del Cusco y otras regiones se utiliza la madera como materia prima, para la elaboración de los encofrados de concreto armado. Las especies arbóreas más utilizadas son: roble corriente, aguano y eucalipto. El utilizar la madera como insumo básico para el encofrado determina elevados índices de explotación de los recursos forestales y

también una tala indiscriminada de los mismos. El tiempo de vida útil de la madera utilizada en construcción para encofrados es de 7 usos y si se le da un mantenimiento, se amplía hasta una vida útil de 10 usos, la madera es un recurso orgánico al cual después de usar en la elaboración de los encofrados se puede reciclar dándoles otro uso, pero que al final se convertirá en un residuo sólido que tiene dos destinos finales: ser usado como leña para otras actividades humanas o como basura desechada.

## **1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### ➤ **Espacial**

La investigación se llevó a cabo en el Distrito de Wanchaq, Provincia de Cusco, Región Cusco.

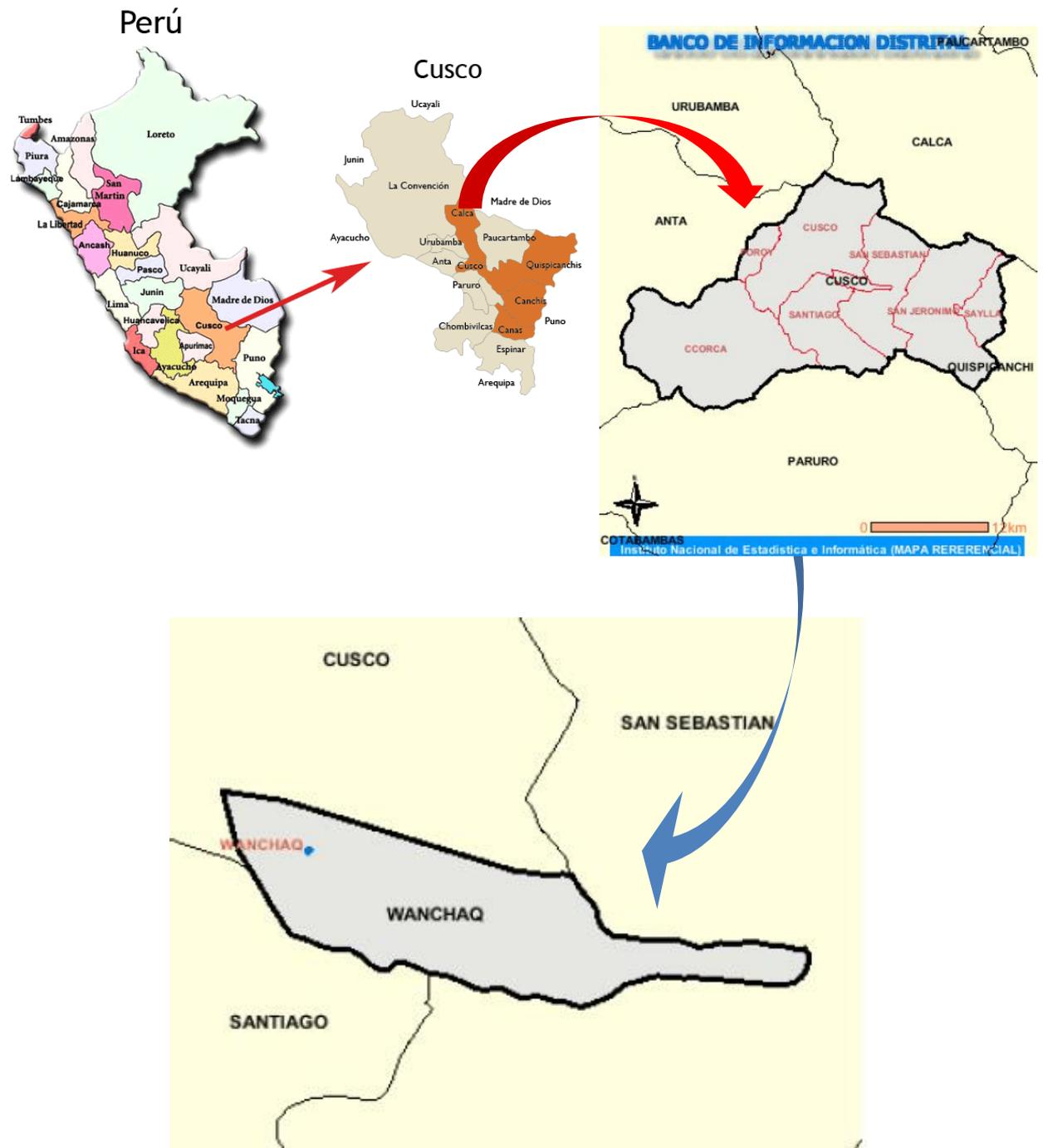
### ➤ **Temporal**

El trabajo de investigación tuvo una duración de 6 meses, comprendido entre Julio a diciembre del 2016.

### ➤ **Cuantitativa**

Se determinó el porcentaje de obras que utilizaron encofrados de madera, metal (LAF) y plástico (ABS).

### 1.3. ÁREA DE ESTUDIO



## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. Problema General**

El uso de la madera como materia prima para la elaboración del encofrado de concreto armado en edificaciones, genera muchos tiempos muertos, impidiendo que las obras se desarrollen con la programación establecida inicialmente y generando retrasos en la culminación de estas, así como el uso excesivo de la madera genera la utilización de recursos forestales de nuestra región, contribuyendo a la tala indiscriminada de estos recursos. Del enunciado anterior surge la siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar la calidad de acabado, tiempo y costo en las obras de edificación en reemplazo del encofrado de madera por los encofrados de metal y plástico utilizados en las edificaciones en el Distrito de Wancháq – Cusco?

### **1.4.2. Problema Específico**

- ¿Cuál es la calidad del acabado en las columnas, vigas y losas con la utilización del encofrado en madera (Aguano), metálico LAF (Laminadas en frío) y plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)?
- ¿Cuánto es el tiempo invertido en una obra de edificación utilizando los encofrado de madera, metálico LAF, plástico ABS?
- ¿Cuál será la diferencia de costos en los tres tipos de encofrados utilizados en edificaciones?

## **1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General**

Comparar y analizar las mejoras en la calidad de acabado, tiempo y costo en las obras de edificación en reemplazo del encofrado de madera por los encofrados de metal y plástico utilizados en las edificaciones en el Distrito de Wancháq – Cusco, 2016.

### **1.5.2. Objetivo Especifico**

- Determinar la calidad de los acabados en las columnas, vigas y losas con la utilización del encofrado en madera (Aguano), metálico LAF (Laminadas en frio) y plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)
- Determinar el tiempo invertido en una obra de edificación utilizando los encofrado de madera, metálico LAF, plástico ABS.
- Determinar la diferencia de costos en los tres tipos de encofrados utilizados en edificaciones.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

Es necesario realizar el estudio de los diferentes materiales alternativos como; el encofrado metálico (LAF) y encofrado plástico (ABS) que pueden son usados para reemplazar, la madera utilizada en los encofrados de estructuras de concreto armado en edificaciones.

La utilización de materiales alternativos que mejoran el tiempo invertido en estas actividades en obra y tener mejores acabados reduciendo así el gasto que genera la corrección posterior en el acabado final que se da a los elementos estructurales.

### **1.6.1. Originalidad**

El trabajo planteado para esta problemática es original, por cuanto no se ha desarrollado ningún trabajo de investigación con respecto a la comparación y análisis de las mejoras en el tiempo, calidad de acabados en los elementos estructurales en las obras de edificación con el reemplazo del encofrado de madera por los encofrados de metal y plástico.

### **1.6.2. Pertinencia**

Se aplica:

- En edificaciones
- En hidráulica
- En pavimentaciones
- Puentes

### **1.6.3. Relevancia**

#### **A. En lo teórico**

Desde el punto de vista teórico, el presente trabajo de investigación permitirá ampliar el conocimiento de otros materiales alternativos que se puedan utilizar en el encofrado para trabajos en concreto armado.

#### **B. En lo práctico**

Desde el punto de vista práctico, el uso del metal y el plástico como materiales alternativos para reemplazar el uso de la madera permitirá tener nuevas herramientas para mejorar los procesos constructivos del concreto armado, tener mejor calidad de acabados, optimizar el tiempo, mejorar la productividad y el costo beneficio en obra, porque son productos que no requieren mano de obra calificada y el tiempo de uso es mayor con respecto a la madera.

#### **C. En lo metodológico**

Los trabajos de investigación son importantes porque proponen estudios que permiten tener nuevas técnicas y herramientas en la ingeniería para desarrollar muchos trabajos de forma eficiente. Así también los trabajos de investigación sirven de antecedentes para mejorar e implementar nuevas tecnologías en la ingeniería.

#### **1.6.4. Oportunidad**

Es muy oportuno este trabajo de investigación por cuanto los resultados obtenidos serán de vital importancia para disminuir el uso de la madera en una rama de la ingeniería; reducir los residuos sólidos producidos durante y después de la elaboración de los encofrados. Así también demostrar que el uso de encofrado de metal y plástico reducirá el costo de inversión en trabajos de encofrado, mejorar el avance de las obras y plantear el uso de encofrados de metal y plástico en el ámbito local.

#### **1.6.5. Factibilidad**

Es factible, por cuanto se tiene acceso a la información concerniente a los encofrados de metal y plástico con los que cuenta el ámbito local, así como también de especialistas concernientes al tema de investigación.

Los materiales planteados como el caso del encofrado en metal existen en el mercado local son producidos desde hace 5 años. Para el caso del encofrado de plásticos (ABS), es un material que por el momento no es accesible al mercado local y solo se tiene en la ciudad de Lima, pero existen proveedores que facilitaron la información necesaria sobre este nuevo producto.

## **CAPÍTULO II**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **2.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. HIPÓTESIS GENERAL**

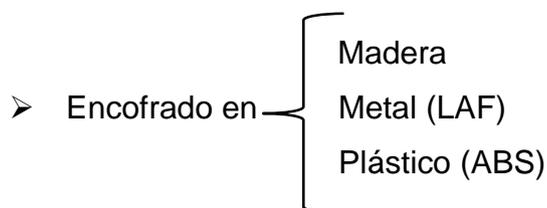
Los encofrados de metal (LAF) y plástico (ABS) en obras de concreto armado en edificaciones disminuye el uso de la madera, que permitiendo mejorar la calidad de acabados, tiempo y costo en la ejecución de edificaciones en el Distrito de Wancháq – Cusco.

##### **2.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

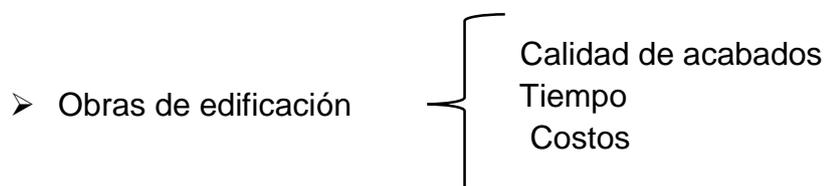
- La utilización del metal (LAF) y plástico (ABS) en encofrados de concreto armado en edificaciones, mejora la calidad de acabados de las columnas vigas y losas en comparación con los encofrados de madera.
- La utilización del metal (LAF) y plástico (ABS) en encofrados de concreto armado en edificaciones, disminuye el tiempo de trabajo en columnas vigas y losas en comparación con los encofrados de madera.
- La utilización del encofrado de metal (LAF) y plástico (ABS) permite ahorrar en comparación con los encofrados de madera.

#### **2.2. VARIABLES**

##### **2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**



##### **2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE**



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación titulado “ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DE ENCONFRADOS EN; MADERA (AGUANO), METAL LAF (LAMINADOS EN FRÍO) Y PLÁSTICO ABS (ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO) UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIOS EN EL DISTRITO DE WANCHAQ - CUSCO, 2016”, es una “**Investigación teórica, básica o pura Aplicativa**”, porque intenta resolver el problema planteado en la investigación. Teniendo en cuenta el estado del arte con respecto al concreto.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

El trabajo de investigación tiene un “Nivel Descriptivo” porque buscará describir las características técnicas de cada encofrado según su naturaleza, se pretenderá recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables (*Hernández S.)(Fernández C. y Baptista L. 2010)*).

##### **3.1.3. Método**

El trabajo de investigación es **CUANTITATIVO- ESTADÍSTICO**, porque se cuantificará las obras que trabajan con encofrado de madera y de metal, se determinará a través de cuadros estadísticos la incidencia del uso de la madera y el metal en las obras de edificaciones del distrito de Wanchaq.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Unidad de estudio**

La población de estudio fue todas las obras de edificaciones que están en proceso de construcción siendo un total de 73 obras presenta en el distrito de Wanchaq.

### **3.2.2. Muestra de estudio**

La muestra tomada para su posterior análisis fue de: 37 obras que presentan encofrado de madera; 31 obras que presentan encofrado de madera y metal (sistema mixto) y solo 4 obras que presentan en su mayoría encofrado metálico, para el caso del encofrado en plástico se encontró solo 2 obras que utilizan estas formas para columnas.

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. Técnicas**

La técnica que se usó en la investigación fue de realizar un censo a todas las obras en ejecución en el distrito de Wanchaq

### **3.3.2. Instrumentos**

Formatos y fichas elaborados para la recolección de datos de las obras de edificaciones en ejecución en el distrito tomado como muestra.

Observación directa de todos los procesos en la elaboración del encofrado de madera y el armado de encofrado en metal (LAF) y plástico (ABS).

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Según **MOLINA J. Y TOLOZA M. (Colombia, 2008)**, en el trabajo de monográfico titulado “METODOLOGIA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVA CON FORMALETAS METALICA TIPO MANOPORTABLE” indica lo siguiente “A la hora de construir infinidad de posibilidades, para obtener aquello que deseamos y existen diferentes tipos para satisfacer las necesidades de cada constructor. Las formaletas o encofrado funciona en construcción como un molde, paneles que unidos forman una estructura temporal auto portante, capaz de soportar cargas sin deformarse, las hay de diferentes materiales, madera, aluminio y acero”. El trabajo desarrollado es una monografía, la cual recopilo datos de los diferentes fabricantes de estos encofrados, los cuales facilitan los costos, rendimiento y tiempo de uso. Llegando a la conclusión de que las formaletas metálicas mano portantes disminuyen los costos en cuanto a; menor tiempo de construcción en la estructura, da calidad de acabados que no es necesario frisar o empañetar tanto en placas como en columnas y pantallas, estructuras livianas por la disminución de estos frisos, mayor seguridad en los encofrados. Por otro lado este encofrado no requiere de torre grúa porque su peso es de 27 kg aproximadamente por módulo de 1.20 X 0.60 siendo un peso de óptima maniobrabilidad.

**GORDILLO C. (Lima, 2014)**, en su trabajo de investigación “COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA CONVENCIONAL DE ENCOFRADO Y LAS PLATAFORMAS INTERMEDIAS DE TRABAJO; CASO: ESTACIÓN PRESBITERO MAESTRO” refiere; “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”. La metodología usada en esta investigación fue la Aplicativa - Cuantitativa, con la cual se obtuvo los datos de campo con los cuales se pudo medir el rendimiento real, metrados y costos de la utilización del encofrado metálico. 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. El autor recomienda tener un sitio apropiado para armar las cerchas, un camión grúa para su izaje y colocación; Así también realizar un correcto planeamiento para no obstruir las otras actividades paralelas en obras y por ultimo tener áreas adecuadas para el montaje de todos los equipos necesarios en las plataformas intermedias.

Para **ORIBE Y. (Trujillo, 2014)**, en su trabajo de investigación titulado “ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA” indica, “En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas han marcado la pauta en el aumento de la eficiencia de los procesos productivos. La construcción de edificios es un área que no ha quedado ajena a este avance; teniendo en la partida correspondiente a los encofrados una mayor innovación tomando en cuenta la gran participación que tienen en los costos totales de un edificio. Hoy en día, existen diversas técnicas que son poco conocidas por los profesionales peruanos que pueden entregar soluciones para hacer más rápidas, eficientes y hasta de mejor calidad las construcciones. Sin ir más lejos, el uso de encofrados auto trepantes es totalmente desconocido a nivel sudamericano. Esto hace aún más interesante la realización de un estudio técnico y económico para comprender las debilidades y fortalezas del uso de estos encofrados en edificios y en consecuencia más rápido el término de la obra gruesa en una construcción”. La metodología utilizada para la investigación fue Descriptiva – Aplicativo con la cual se obtuvo los datos necesarios para comparar el encofrado tradicional y metálico. Llegando a la conclusión que el uso de los encofrados metálicos permite acelerar los procesos de construcción de muros en comparación con los encofrados tradicionales, manteniendo un alto nivel de calidad pero su implementación en una construcción determinada como lo es las columnas y placas de un edificio, resulta de mayor costo por m<sup>2</sup>. Sin embargo, al permitir una mayor velocidad

de construcción, existen economías importantes no solo en gastos generales, sino también en un mejor ordenamiento de la obra, aspecto difícil cuantificar. Las recomendaciones que da el autor son de realizar ensayos comparativos de la capacidad de carga de los encofrados metálicos.

#### **4.2. BASES TEÓRICAS**

Según **PEÑA J. (1980)**. La economía debe tener en cuenta, cuando se proyecta un encofrado. En ella influyen multitud de factores, como son los costes de los materiales gastados; el coste de la mano de obra en la construcción de paneles prefabricados, sobre los que volveremos más adelante; la mano de obra invertida en la colocación y desencofrado; los medios auxiliares empleados; el número de puestas del encofrado según su mayor o menor deterioro.

Puede obtenerse, por tanto, una buena economía empleando buenos materiales de costo inicial elevado, debido al gran número de usos que con ellos se pueden conseguir.

Con la idea de alcanzar la mayor economía posible, se deben afinar los cálculos, con el fin de conseguir el mayor ahorro posible, empleando además las tensiones más altas posibles, evidentemente de acuerdo con la calidad del material empleado, y sin sobrepasar los límites señalados para aquéllos por normas nacionales, y en su defecto por normas internacionales de reconocida solvencia y categoría.

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, pues a las vigas de madera encolada les costó muchos esfuerzos y tiempo penetrar en el mercado, y sobre todo que éste tomara confianza con ese nuevo medio de encofrar, y 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>.

No por eso los encofrados metálicos 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 y quedará 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 (no confundirse con trepantes, que son distintos); los encofrados de pilares; los encofrados de canales y en general de obras lineales de gran longitud; cuando se necesite dar una textura fina a la cara de hormigón visto; etc.

Según **ORIBE Y. (2014)**. 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; 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, autos trepantes 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 auto trepante es básicamente un sistema de trepa convencional 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 se quiere comenzar a deslizar. El molde se eleva continuamente mediante la utilización

de gatos hidráulicos que trepan por barras metálicas que quedan introducidas en el hormigón. En esta parte se tratan los encofrados metálicos, entre los cuales se cuentan como más importantes: los encofrados verticales.

### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **4.3.1. Elementos estructurales**

##### **A. 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 (*Rueda, 2003*).

##### **B. 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 (*Rueda, 2003*).

## **C. Columna**

Se denomina columna a todo miembro estructural sometido predominantemente a fuerzas axiales, especialmente solicitaciones de compresión y de flexo compresión en que la dimensión longitudinal es por lo menos tres veces la dimensión mínima de la sección transversal. Las columnas son utilizadas para transmitir solicitaciones transversales. Las columnas son utilizadas para transmitir solicitaciones provenientes de losas y vigas a las funciones (*Rueda, 2003*).

### **4.3.2. Encofrado**

Es un conjunto de moldes que es necesario para obtener la forma geométrica de los distintos elementos estructurales de una y los cuales deben ser capaces de soportar las cargas a las cuales serán sometidos y mantener al concreto en su posición hasta que este pueda auto mantenerse.

Estos pueden ser madera, metal o de otro material rígido. La disposición y empalme, unión o ensamble de sus piezas, serán tales que impidan e formaciones o desplazamientos perjudiciales en la obra (*Rueda, 2003*).

#### **4.3.2.1. Características de los encofrados**

- Los encofrados deben estar completamente libres de óxido, virutas, aserrín, etc., antes de verter el concreto. Para lograr mejor este efecto, se recomienda el uso de aire o agua a presión.
- Los encofrados de columnas, machones, muros de contención, vigas paredes, etc., tendrán en sus extremos inferiores aberturas suficientes para la limpieza denominada boca de limpieza.
- Las caras de los encofrados serán uniformes y lisas. Si por razones arquitectónicas, la superficie de concreto ha de quedar visibles, será menester un tratamiento adicional de las superficies interiores, por medio de su recubrimiento con cartones adecuados o por el uso de aceites especiales para encofrados o cualquier otra técnica. La cual será aplicada antes de la colocación de los refuerzos y el vaciado del concreto.

- Deben garantizar el alineamiento de los elementos y no deben permitir la pérdida de agua o cemento (mortero), o sea las juntas deben estar tratadas de manera que sean estancadas. Estos se obtiene el cepillar y lijar la madera, y por último tapar los huecos y grietas que pudieran hacer en la madera (*Rueda, 2003*).

#### 4.3.3. Cargas que actúan en los encofrados

El encofrado es la primera estructura encargada de transmitir las cargas en el momento del vaciado y además de su peso propio.

Para Morales "...los encofrados no deben ser considerados como simples moldes. En realidad son estructuras; por lo tanto, sujetos a diversos tipos de cargas y acciones que, generalmente, alcanzan significativamente magnitudes", entre las cargas actuantes tenemos:

##### A. Peso del concreto

Los encofrados tiene la función de transmitir las cargas hasta que el concreto llegue a su resistencia mínima, por ende es importante tener en cuenta el peso del concreto con él que se va a trabajar. El peso del concreto se obtiene del volumen con que se va trabajar y multiplicado por el peso específico del concreto que es de 2400 kg/m<sup>3</sup>. En la siguiente tabla se muestra los pesos y dimensiones según el tipo de losa más común (*Morales s.f*).

**TABLA 1 Peso de losas macizas de concreto armado**

Espesor de la Losa (m)	Peso por m2 (Kg)
0.10	240.00
0.20	288.00
0.15	360.00
0.20	480.00
0.25	600.00

Fuente: Morales, H.

**TABLA 2 Peso de losas macizas de concreto armado**

Espesor de la Losa (m)	Peso por m2 (Kg)
0.17	280.00
0.20	300.00
0.25	350.00
0.30	420.00

Fuente: Morales, H.

## B. Presión del concreto fresco

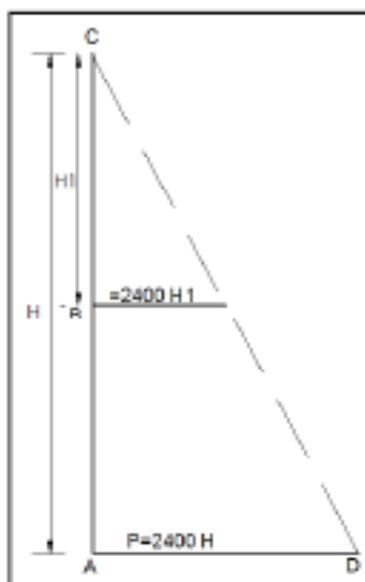
Durante el vaciado el concreto presenta una forma plástica y a medida que se va endureciendo, genera presión sobre el encofrado.

El concreto fresco sobre los encofrados son cada vez mayores: por las grandes velocidades de concreto que permiten las bombas de pistones, por la mayor docilidad obligada para el empleo de dichas máquinas, por procedimientos de compactación cada vez más perfectas. Lo que significa que las estructuras resistentes de los encofrados deben ser cada vez más pesados y por consiguiente, más costosas (Martin, 1984).

Morales (s.f.) ilustra de qué manera y en qué puntos ejerce mayor presión el concreto en los moldes.

En la gráfica 1, la línea CD representa la variación de la presión en toda la altura del encofrado de una columna de altura H. La presión al pie de las columnas es de  $2400 H$ , en el punto B la presión es de  $2400 H_1$ , mientras que en el borde superior del encofrado la presión es cero.

**GRÁFICO 1: Presión ejercida por el concreto en encofrado de columna**



Fuente: Morales, H.

Otro factor determinante de la magnitud de la presión es la temperatura del concreto descrita por Morales (s.f.), a bajas temperaturas ambientales el concreto endurece lentamente desarrollándose presiones muy grandes; por ejemplo, a temperatura de 5 °C y 10 °C la presión es aproximadamente una y media vez mayor que la corresponde a una temperatura ambiental de 21 °C. En cambio, si la temperatura durante el vaciado es de 30 °C, la presión será de más o menos de 80% de la producida a 21 °C.

### **C. Pesos de los encofrados**

El peso del encofrado va a variar según el tiempo de material que sea; el encofrado de madera convencional es de aproximadamente 12.5 kg/m<sup>2</sup> según al grosor de la tabla. En el caso del encofrado metálico tiene un peso de acuerdo al grosor de lámina ejemplo el de las vigas extensibles, presentan aproximadamente 50 kg/m<sup>2</sup>, el peso definitivo lo deberá proporcionar la empresa fabricante. Para el caso del plástico será de 10 kg/m<sup>2</sup> aproximadamente por cada panel, este varía según a las dimensiones.

### **D. Cargas Diversas**

Son cargas que se generan en el momento del vaciado de las losas. Como ejemplo el concreto fresco en un área determinada de la losa que produce cargas excesivas y no previstas ocasionalmente puntualmente.

Otra se refiere a la fuerza que ejerce el viento que en algunos lugares podría ser elemento a ser considerado, por tal motivo se tendría que hacer un apropiado arrostramiento.

### **E. Carga de Construcción**

Son las cargas generadas por las personas que se encuentran en la losa, materiales y equipos que ahí se encuentran en un momento del vaciado, el peso aconsejable para sumarle es de 200 kg/cm<sup>2</sup>. Los encofrados que al momento de desencofrado sufra ondulaciones el elemento de concreto; y más aún cuando se trata de concreto expuestos, los valores admisibles de concreto es de 2 mm.

#### **4.3.4. Clasificación de los encofrados**

##### **4.3.4.1. Encofrado de madera**

Los encofrados de madera se han desarrollado en paralelo con las construcciones de concreto durante todo el siglo XX. La aceptación incrementada del concreto como el material de mayor uso en la construcción, presenta una gran variedad de problemas en el desarrollo de materiales de confinamiento y de las tolerancias de rigidez. 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 las cuales la mano de obra es económica, son flexibles y sus formas son más variadas, se observa su combinación con otros sistemas de encofrados (SENCICO, 2010)

##### **4.3.5. Encofrado de metal**

Los encofrados metálicos tuvieron su espectacular auge una vez terminada la II Guerra Mundial, que les ha durado más de 20 años, pues a las vigas de madera encolada les costó muchos esfuerzos y tiempo penetrar en el mercado, y sobre todo que éste tomara confianza con ese nuevo medio de encofrar, y 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> (*Juan, 1980*).

El encofrado metálico quedó 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 (no confundirse con trepantes, que son distintos); los encofrados de pilares; los encofrados de canales y en general de obras lineales de gran longitud; cuando se necesite dar una tersura fina a la cara de hormigón visto; etc (*Juan, 1980*).

Este sistema de encofrados se logra vaciar viviendas monolíticas completas en una sola operación de muros y placas controlando la

producción tiempo - **calidad** – **costo**, reflejándose en ahorro considerable de gasto de producción, supervisión, administración y financieros. El encofrado metálico (LAF) sus siglas en inglés, laminados en frío.

#### **4.3.5.1. Encofrado metal 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.

EFCO es una de las empresas pioneras en traer la tecnología de encofrado metálico al Perú en el Año 1994, después le siguieron empresas como Unispan, Ulma, Peri y Doka, etc.

Los encofrados y sistemas de apuntalamiento EFCO se utilizan en una gran variedad de proyectos de construcción de concreto en varios países de Latinoamérica y Estados Unidos.

Las diferentes áreas de aplicaciones del sistema de encofrado EFCO

#### **4.3.6. Encofrado de plástico**

Estos encofrados son comúnmente descritos como encofrados de plástico y encofrados de fibra de vidrio; cuando en realidad son una combinación de materiales

La estructura de concreto armado a partir del encofrado de plástico es hoy la forma más rápida, ventajosa y ecológica de construir. Existe una mayor preocupación por proteger el medio ambiente, buscando nuevas alternativas de materiales reciclables como el plástico. Con el auge del desarrollo inmobiliario y el crecimiento de las ciudades cada vez más se hace necesario alcanzar un sistema de construcción económica pero sin dejar de lado la calidad en un mercado cada vez más exigente y competitivo.

#### **4.3.7. Encofrado cartón**

También hacen parte de los encofrados perdidos, los nuevos encofrados de cartón que se utilizan para los pilares, solo sirven para un vaciado pero por ejemplo en el caso de pilares redondos permite un acabado estético difícilmente obtenible con otro tipo de acabado.

#### **4.3.8. Encofrado de aluminio**

Este sistema en muchos aspectos es similar al del acero se utiliza en obras de pequeño y medio orden, debido a que su resistencia a la tracción y compresión es menor con respecto al acero.

Su ventaja principal es la relación a los demás sistemas es su menos peso.

## **CAPÍTULO V**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **5.1. MATERIALES**

##### **A. Visitas**

- A las obras de edificación en ejecución.

##### **B. Materiales**

- Formato de encuestas
- Folletos de proveedores ( encofrado de metal y plástico)
- Formato de recolección de datos
- Computadora
- Cámara fotográfica
- Video cámara

#### **5.2. TIPOS DE ENCOFRADOS**

Para tener una mejor visión de lo que son estos tipos de encofrados y comprender de mejor manera su uso y especificaciones en nuestro país y de otros países se tomara los sistemas que ofrecen las empresas, y a partir de ellos hacer un diagnóstico de la situación actual y brindar información con los nuevos sistemas de encofrados.

##### **5.2.1 ENCOFRADO DE MADERA AGUANO**

El encofrado de madera se crea en obra, utilizando piezas de madera aguano, rollizos. 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 las cuales 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 se utiliza madera aguano y los rollizos de Eucalipto

## **A. Propiedades de la madera**

La orientación de las fibras que componen la madera da lugar a la anisotropía de su estructura, por lo que a la hora de definir sus propiedades mecánicas hay que distinguir siempre entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra. En este hecho radica la principal diferencia de comportamiento frente a otros materiales utilizados en estructuras como el acero y el hormigón. Las resistencias y módulos de elasticidad en la dirección paralela a la fibra son mucho más elevados que en la dirección perpendicular (2).

A modo de introducción podemos ver que los árboles están diseñados por la naturaleza para resistir con eficacia los esfuerzos a los que va a estar sometido en su vida; principalmente los esfuerzos de flexión producidos por la acción del viento y los de compresión producidos por las acciones gravitatorias (2).

Sobre la madera como material se han realizado muchos estudios e investigaciones mediante ensayos realizados sobre probetas pequeñas libres de defectos o madera limpia, pero la madera estructural comprende piezas de grandes escuadrías en las que aparecen numerosos defectos o particularidades como nudos, gemas, etc.

En los productos estructurales de la madera es importante tener en cuenta que se trata de productos que han sido clasificados para su uso estructural, y por lo tanto no se pueden utilizar o buscar correlaciones con otro tipo de clasificaciones; por ejemplo en la madera aserrada no se pueden utilizar o correlacionar las clasificaciones decorativas con las estructurales o utilizar los valores obtenidos con probetas pequeñas.

Para referirse a las propiedades mecánicas en madera estructural se suelen dar los valores característicos, que se definen como aquellos que son seguros con un 95 % de probabilidad, y son los que se emplean, por

ejemplo, para comprobar la resistencia. Los valores medios son seguros con una probabilidad del 50 % (2)

Según la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO, el uso de la madera en la construcción, es la siguiente:

**Porcentaje de madera que se usan en obras y tipo de obra**

TIPOS DE OBRA QUE REALIZA	MENOS DE 5%	DE 5% A MENOS DE 10%	DE 10% AMENOS DE 15%	DE 15% A MENOS DE 20%	DE 20% A MENOS DE 30%	MAS DE 30%	TOTAL
CASAS	8	33	41	2	7	9	100
EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS	0	25	25	16	10	24	100
EDIFICIOS DE OFICINAS	0	18	18	23	8	33	100
FABRICAS	0	18	18	27	9	27	100
EMPRESAS/NEGOCIOS	3	45	48	0	3	0	100
REMODELACIONES	0	38	38	0	6	18	100
OBRAS PÚBLICAS	0	13	13	9	17	48	100

Fuente: SENCICO, 2001.

**TABLA 3 Propiedades Mecánicas de la Madera**

.- Propiedades	Valor (N/mm <sup>2</sup> )
Tracción paralela a la fibra	8 - 9
Compresión paralela a la fibra	16 - 23
Flexión	14 - 30
Compresión perpendicular a la fibra	4.3 - 5.7
Cortante	1.7 - 3.0

Fuente: (2)

**a) Clasificación de los encofrados de madera.**

- ❖ Encofrado de columnas cuadradas, circulares.
- ❖ Encofrado de vigas.
- ❖ Encofrado de losa.
- ❖ Encofrado de zapatas.
- ❖ Encofrado de muros.

#### **b) Ventajas del encofrado de madera.**

- ❖ El encofrado tradicional (de madera) es económico, su costo de inversión es bajo con respecto a los demás.
- ❖ Permite producir prácticamente cualquier forma que presenten ciertos detalles constructivos, pero no con tanta facilidad que los encofrados de plástico.
- ❖ Es de fácil montaje.
- ❖ Bajo peso en relación a su resistencia
- ❖ Por ser un material liviano presenta una considerable capacidad a la tracción y compresión.
- ❖ Diseñados para ser reutilizados como Máximo 7 veces con un adecuado mantenimiento.
- ❖ Calidad de acabado ( rustico)
- ❖ Menor desperdicio de material.
- ❖ Facilidad para trabajarla, ductilidad y textura.
- ❖ Por su material se encuentra en el mercado fácilmente.

#### **c) Características física**

- ❖ Resistencia, entre más densa presenta una resistencia a los esfuerzos a que es sometida.
- ❖ Tamaño y peso, (850kg/m<sup>3</sup>).

#### **d) Características funcionales**

- ❖ Acabado rústico.
- ❖ Modular y versátil.
- ❖ 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.
- ❖ Funcional en ambos sentidos horizontal y vertical.

## **e) Elementos que componen el encofrado**

### **❖ Tableros**

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

### **❖ Piezas de refuerzo**

Elementos que contra la presión ejercida por el concreto sobre las piezas de molde, evitando que estas se formen de una manera importante. El conjunto de piezas de refuerzo, está formado por muchos elementos diferentes que trabajan en conjunto para lograr la función antes mencionada.

### **❖ Barrotes**

Estos se encuentran adosados a las superficies de los tableros, su función es impedir que éstas 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.

### **❖ Torna puntas**

Estos son de madera rollizo de eucalipto, o 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 y por otro sirven para mantener nivelado el elemento que este construyendo.

### **❖ Piezas de soporte y apuntalamiento**

La función que cumplen 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. Se utilizan principalmente en losas y vigas. Se coloca un barrote en la parte superior junto con dos piezas de arriostre que lo refuerzan.

## **5.2.2 ENCOFRADO DE METAL**

El encofrado metálico es un sistema industrializado modular manual especial para moldear concreto, de fácil manejo, multiuso, con medidas estandarizadas, que proporcionan uniformidad en superficies a la vista y seguridad en concretos estructurales, las conexiones entre módulos se realizan rápidamente con accesorios complementarios. Por su versatilidad puede ser usada en todo tipo de proyectos de hormigón o concreto y está especialmente diseñada para las necesidades de la construcción moderna y las necesidades que actualmente y que siempre ha presentado en nuestra sociedad. Con este sistema constructivo se puede construir proyectos de vivienda vertical a menos costo, con una mayor cobertura y un menor tiempo de ejecución. (ENCOFRADO FORMEZAN, 2008)

### **A. Clasificación de los encofrados de metal**

- ❖ Encofrado de columnas cuadradas y circulares.
- ❖ Encofrado de vigas.
- ❖ Encofrado de losa.
- ❖ Encofrado de zapatas.
- ❖ Encofrado de muros de contención rectos y curvos.
- ❖ .encofrado de puentes vehiculares y peatonales.
- ❖ Tanques rectangulares y circulares.

## **B. Ventajas del encofrado de metal.**

- ❖ Mayor rigidez de las estructuras, logrando sismo resistencia al permitir vaciar muros y placas monolíticas en una sola operación.
- ❖ No necesita mano de obra especializada
- ❖ Diseñados para ser reutilizados 1000 veces con un adecuado mantenimiento lo que permite reducir los costos en obra.
- ❖ Calidad de acabado ( liso – textura)
- ❖ Menor desperdicio de material.
- ❖ Menor 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.

## **C. Características física**

- ❖ Resistencia, todas las parte del encofrado son resistentes a la corrosión y esfuerzos de tensión y compresión. Soportan una presión Máxima del vaciado de 5.850 kg/m<sup>2</sup> a una altura de 2.4 m.
- ❖ Tamaño y peso, de 1m<sup>2</sup> es de 50 kg aprox., lo que permite que un solo operario pueda maniobrar los paneles y sus accesorios. Módulo de 1.20 m x 0.60 m =26kg. Módulo de 2.40 m x 0.60 m =45kg.

## **D. 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.

## **A. Elementos del encofrado**

### **❖ Panel**

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

### **❖ Conectores**

Son elemento de unión de paneles que dan forma a un moldaje, son metálicos de fácil colocación y retiro.

### **❖ Separadores**

Es un elemento dimensionado, cuya función es mantener el espesor del muro previo al hormigón.

### **❖ Tensores**

Son elementos formados por una barra de fierro con fijadores en sus extremos cuya función es mantener la estabilidad de las caras del moldaje durante el llenado de los muros o columnas, garantiza su espesor.

### **❖ Aplomadores**

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

### **❖ Ménsula de trabajo**

Plataforma montada en los paneles de muro que genera una superficie de trabajo que consta de piso baranda y rodaje.

### **❖ Andamio triangular**

Es un elemento triangular, que sirve como soporte de la plataforma de trabajo en fachadas, se deben dejar sin extraer algunas corbatas del muro del nivel inferior con el fin de fijar de ellas el andamio, también se puede fijar el andamio a la formaletas pero debemos dejar el ultimo sin desencofrar, también sirve para los muros interiores ya que podemos colgarlos de la formaleta.

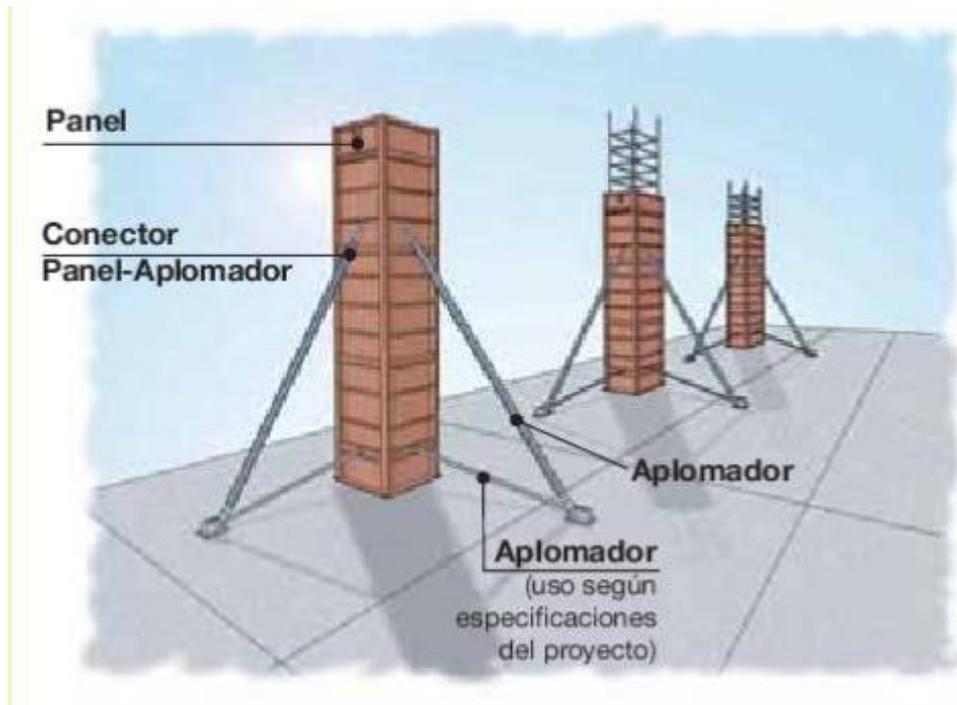
### **❖ Angulares**

Son elementos que tienen como función la unión de paneles o formaletas en sus esquinas donde se genere una esquina rectangular de 90°.

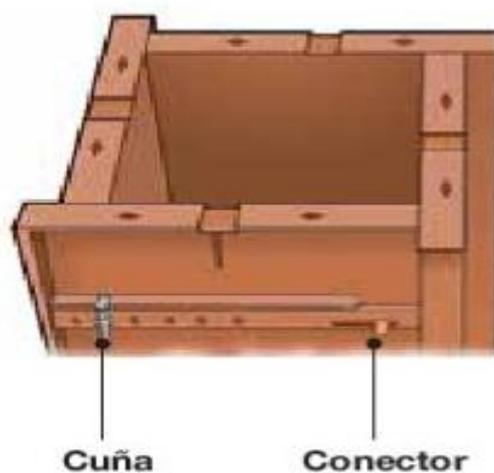
### ❖ Grapas

También llamados Chapeta o Sapitos, accesorios utilizados para alinear y unir los paneles o formaletas entre si transmite cargas entre ellos y deben colocarse siempre en la perforación interna de la banda lateral para mejorar el cierre entre paneles.

**GRÁFICO 2: Elementos del encofrado metálico**



Fuente (1).



Fuente (1).

## B. Elementos del encofrado de viga

### ❖ Fondo de Viga

Elemento horizontal que se apoya sobre la viga en el que se montan los laterales de la viga.

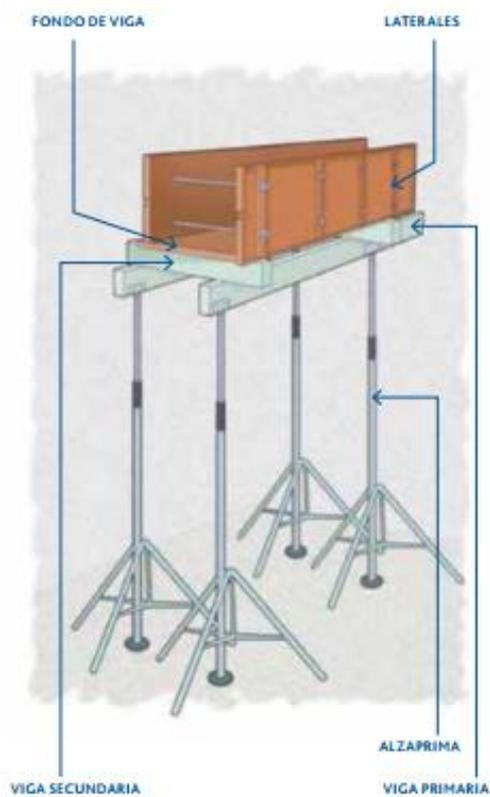
### ❖ Laterales

Elementos verticales que confinan la viga. Pueden tener separadores, tensores y alineadores para mantener la geometría de la viga durante el vaciado del concreto.

### ❖ Vigas de Soporte

Son las vigas que se montan sobre los cabezales de los puntales en T preparados o fabricados.

**GRÁFICO 3: Elementos del encofrado metálico**



*Fuente (1).*

### 5.2.3 ENCOFRADO DE PLASTICO (ABS)

Como consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y diseños complicados del concreto, ha sido necesario encontrar un material de encofrado con ciertas propiedades que salen de las corrientes en los encofrados tradicionales.

Estas propiedades que poseen los plásticos reforzados con fibras de vidrio que están alcanzando un notable desarrollo en el encofrado de elemento de hormigón.

Este tipo de encofrado son modulares y para continuar ampliamente, pero destinados a estructuras de hormigón relativamente sencillas. Son especialmente adecuados para los presupuestos de bajo costo pero de construcción seriada como los planes de vivienda modulares (Ayala, 2010).

Existe mayor preocupación por cuidar el medio ambiente, buscando nuevas alternativas de materiales reciclados como el plástico. Con el auge del desarrollo inmobiliario y el crecimiento de las ciudades, cada vez más se hace necesario alcanzar un sistema de construcción económica pero sin dejar de lado la calidad, en un mercado cada vez más exigente y competitivo (Ayala, 2010).

La estructura de hormigón a partir de encofrado plástico es hoy la forma más rápida, ventajosa y ecológica de construir.

#### **A. Encofrados de GEOTUBANEL reutilizable en ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)**

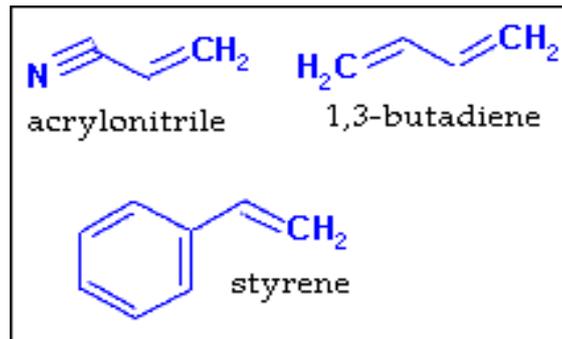
Es un encofrado en tecno polímero para la construcción de columnas cuadradas y rectangulares.

Los paneles son muy ligeros: pueden ser movidos manualmente y acoplados sin dificultad incluso por una sola persona.

La superficie interior particularmente lisa del sistema GEOTUBANEL permite la construcción de pilares y columnas sin necesidad de utilizar desencofrantes.

El encofrado GEOTUBANEL, reutilizable en ABS, es un polímero derivado de Acrilnitrilo Butadieno Estireno, del alta resistencia mecánica y absorción de impactos, presenta una estabilidad térmica de (-30 °C/ +70°C), superficie muy lisa, coeficiente de expansión térmica de 0.05 mm/m/°C.

**GRÁFICO 4: Fórmula química del encofrado reutilizable AB**



*Fuente (3).*

**E. Clasificación de los encofrados de plástico**

- ❖ Encofrado de columnas cuadradas y circulares.
- ❖ Encofrado de vigas.
- ❖ Encofrado de losa.
- ❖ Encofrado de zapatas.
- ❖ Encofrado de muros de contención rectos y curvos.
- ❖ .encofrado de puentes vehiculares y peatonales.
- ❖ Tanques rectangulares y circulares.

**F. Ventajas del encofrado de plástico**

- ❖ Pesa solo 10 Kg y se puede mover rápidamente en la obra sin utilización de grúa u otras máquinas.
- ❖ Ligero y fácil de acoplar, puede ser montado por una sola persona.
- ❖ Todos los elementos tienen una altura estándar de 75 cm y se acoplan solamente los elementos necesarios para la obra.
- ❖ Es económico porque se puede reutilizar más de 100 veces con adecuado uso y mantenimiento.
- ❖ El concreto no se adhiere al plástico; el desencofrado es fácil y los paneles se pueden limpiar con agua.

- ❖ Pueden ser desmontados completamente incluso en lugares húmedos.
- ❖ No necesita mano de obra especializada
- ❖ Calidad de acabado ( liso – textura)
- ❖ Menor desperdicio de material.
- ❖ Menor 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.

#### **G. Características física**

- ❖ Resistencia, todas las parte del encofrado son resistentes a los esfuerzos de tensión y compresión. Soportan una presión Máxima del vaciado 60KN/m<sup>2</sup>.
- ❖ Tamaño y peso, 0.75 m x 0.6 m = 10kg.

#### **H. Características funcionales**

- ❖ Acabado liso y texturizado
- ❖ Modular y versátil esta característica ofrece la formaleta plásticas
- ❖ 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, no necesita grúa torre.

#### **I. Elementos del encofrado Geoplast**

##### **❖ Panel**

Panel con una superficie lisa y en los bordes con agujeros para empalmar a otro, Utilizando la manilla de unión.

##### **❖ La manilla**

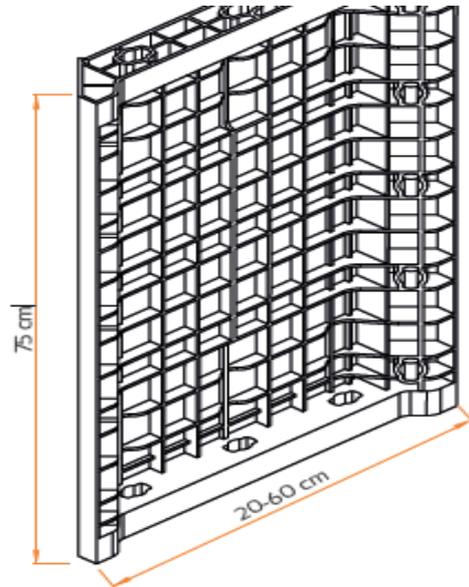
Elemento universal para todos los encofrados; Geoplast, Ligero e Intuitivo, cierra completamente con un único movimiento de 90°, resistencia:

- Lado mínimo: 20 cm
- Lado máximo: 60 cm
- Altura: 75 cm.

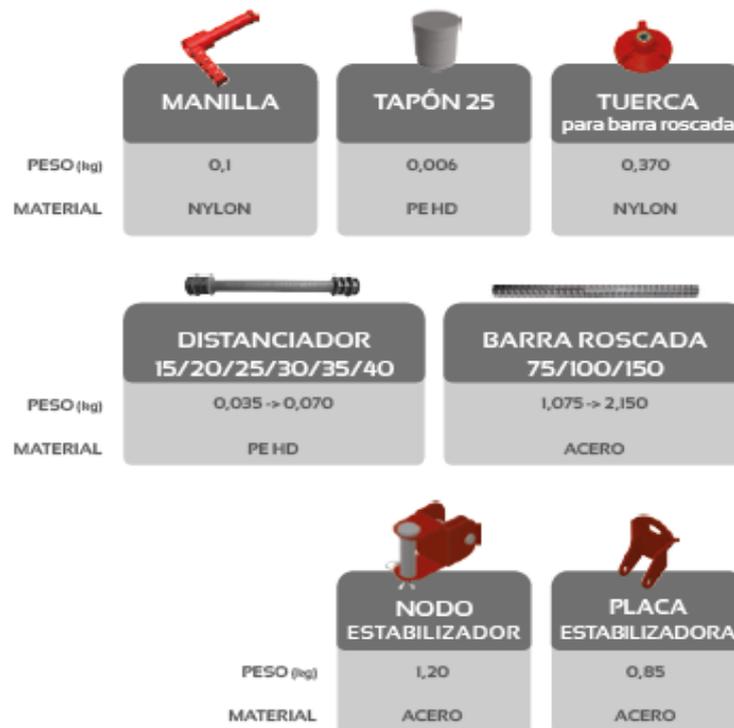
**GRÁFICO 5: Dimensione del encofrado Geoplast**



Fuente: (3)

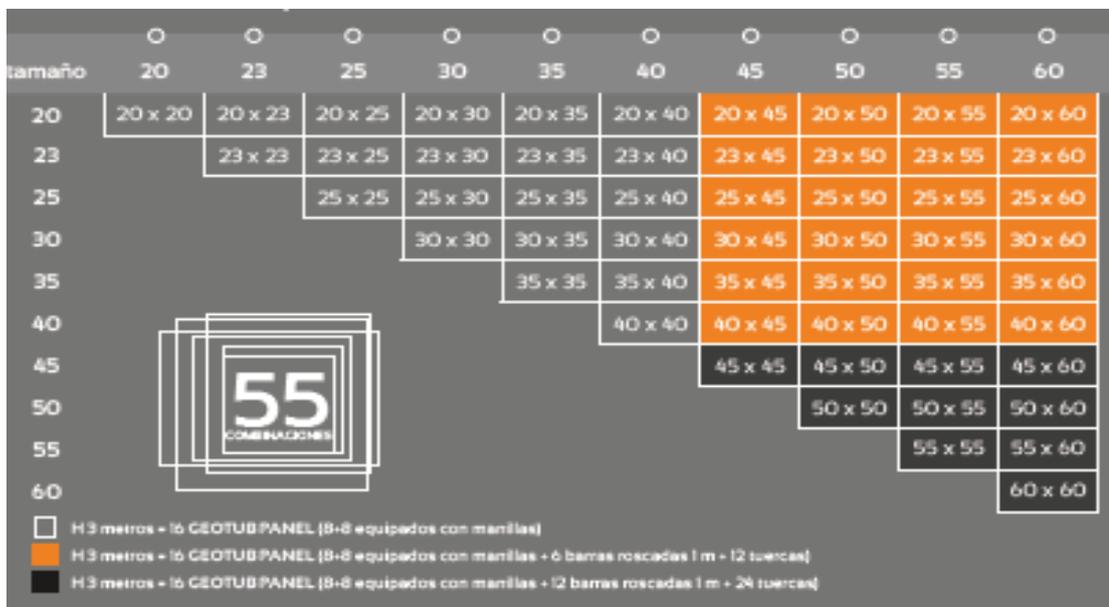


**GRÁFICO 6: Accesorios del encofrado Geoplast**



Fuente: (3).

**GRÁFICO 7: Combinaciones del encofrado**



Fuente: (3.)

#### 5.2.4 ENCOFRADO MIXTO (madera - metal)

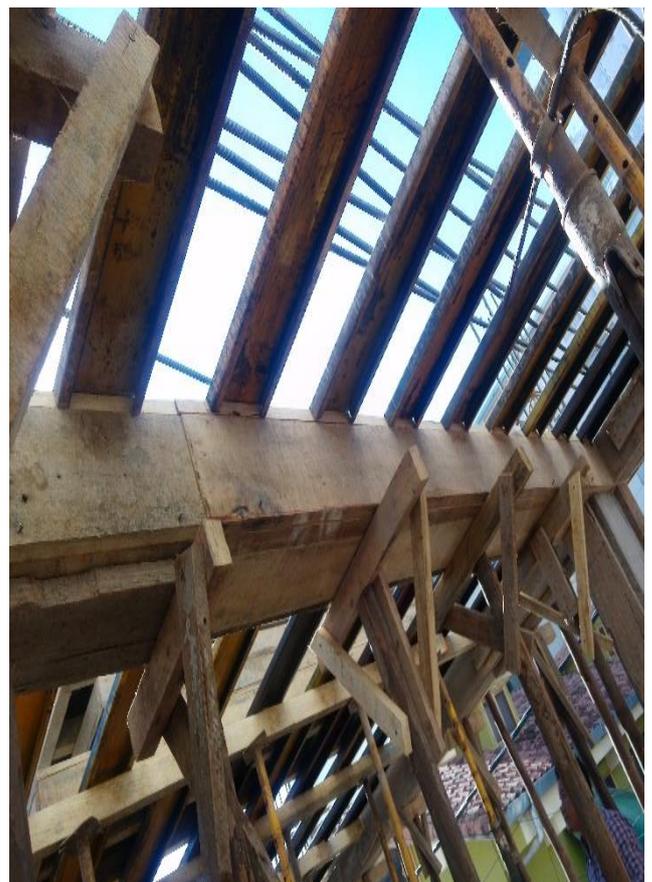
Se define como sistema mixto al encofrado, que presenta elementos de madera y metal en el armado del encofrado de las columnas, vigas y losas. Se observa que en muchas obras utilizan los puntales metálicos como aplomadores en las columnas y apoyos en, vigas y losa.

La mayoría de obras realizan el armado de las vigas y losa con madera, y los apoyos con puntales metálicos reemplazando a los rodillos de Eucalipto.

Algunas obras los paneles en el encofrado de las columnas y los demás es madera.

#### **GRÁFICO 8: Sistema mixto, puntales de apoyo en losa**

*Fuente: Propia*



### 5.3. MÉTODO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para determinar la población se utilizó como herramienta el Censo de población. En este caso se elabora una ficha de registro de tipo de obra (Ver Anexo 1), encofrado utilizado, número de pisos a construir. El periodo de registro de obras de edificación en proceso constructivo fue de junio a septiembre.

#### 5.3.1. Censo de obras en edificación presentes en el distrito de Wanchaq

El registro de obras se realizó teniendo en cuenta el plano catastro de dicho distrito, considerando las urbanizaciones.

Se registró en total 51 urbanizaciones según catastro de Wanchaq al 2010, registrando un total de 73 obras. En el cuadro siguiente se describe el total de obras que utilizan encofrado en madera, metal y plástico:

**TABLA 4: Censo periodo de Julio a Octubre – 2016**

N	Edificaciones	Actividad	Encofrado			Mixto	
			Madera	Metal	Plástico	Madera/ Metal	Madera/ Plástico
1	Av. Manco Capac # 435	Columnas	x				
2	AA. HH. Vallecito A-29	Columnas	x				
3	Colegio Chachacomayoc	Columnas	x				
4	Av. Huayruropata 1600	Columnas		x	x		x
5	Jr. Justicia A-14	Columnas	x				
6	Av. Infancia	Columnas				x	
7	Av. Primavera 440	Columnas				x	
8	Av. Velasco Astete D-7	Columnas		x			
9	AA. HH. Vallecito A-26	Columnas	x				
10	Pasj. Amauta P2-6	Columnas				x	
11	Pasj. Cusco N2-11	Columnas	x				
12	Jr. Ica J-21	Columnas	x				
13	Jr. Anta A-12	Columnas	x				
14	Jr. Acomayo C-3	Columnas				x	
15	Pasj. San Francisco	Columnas	x				
16	Jr. Libertad L-32-B	Columnas	x				
17	Jr. Calca I-17	Columnas	x				
18	Jr. Los Kantus D-6	Columnas				x	
19	Urb. La Florida K-3	Columnas	x				
20	Pasj. Angamos Q-7	Columnas	x				

21	Santa Beatriz F-5	Columnas				x	
22	Parque Industrial B-7	Columnas	x				
23	Parque Industrial I-3	Columnas	x				
24	AV. Republica K-6	Columnas				x	
25	Urb. José Carlos Mariátegui	Columnas			x		
26	Av. Los libertadores B1-4	Columnas	x				
27	Av. República de Venezuela LH-7	Losa	x				
28	Av. Manco Capac # 440	Losa	x				
29	Av. Huayruropata 1640-A	Losa				x	
30	Av. Tomasa Tito Condemayta	Losa	x				
31	Jr. la convención	losa				x	
32	Urb. Las begonias B-1	Losa	x				
33	Av. Velasco Astete F-8	Losa		x			
34	AA.HH. Vallecito A-22	Losa	x				
35	Calle Koricancha A-2-23	Losa	x				
36	Pasj. Indo américa	Losa	x				
37	Pasj. Amauta O-20	Losa				x	
38	Pasj. Ayacucho R2-14	Losa	x				
39	Av. Jorge Chávez C3-13	Losa	x				
40	Pasj. Palmeras Z2-8	Losa				x	
41	Urb. Reyna de Belén A-4	Losa				x	
42	Pasj. Unión B2-5	Losa	X				
43	Av. Infancia 412	Losa				x	
44	Jr. Libertad H-17	Losa				x	
45	Jr. Urcós A-8	Losa				x	
46	Jr. Justicia I-8	Losa	x				
47	Jr. Espinar I-1	Losa	x				
48	Jr. Acomayo C-21-20	Losa		x			
49	Los Cipreses	Losa				x	
50	Jr. Los Sauces	Losa				x	
51	Av. Qósqo X-21	Losa				x	
52	Calle los diamantes A-D-7	Losa				x	
53	Calle Agua Marina D-14	Losa				x	
54	Calle San Formc -Kennedy	Losa				x	
55	Calle Huamantiana S/N	Losa				x	
56	Urb. Los sauces G-6	Losa				x	
57	APV. Los Jardines B-6	Losa				x	
58	C.H. Cahuide A-5	Losa	x				
59	Urb. San Teresa D-6	Losa				x	
60	Pasj. Villa el Periodista D-4	Losa	x				
61	Jr. Comba pata s-6	Viga	x				
62	Pasj. Unión B2-11	Viga	x				
63	Covicec A-14	Viga				x	
64	Urb. Álamos C-11	Viga	x				
65	Pasj. Amauta O-16	Viga	x				

66	Pasj. San Martin de Porras X2-16	Viga				x	
67	Urb. Reyna de Belén C-2	Viga	x				
68	Calle San Francisco A-14	Viga				x	
69	Parq.. Quispicanchis A-16	Viga				x	
70	Av. Qosqo - San Judas A-20	Viga				x	
71	Calle Brillantes B-38 Kennedy A	Viga	x				
72	Urb. José Carlos Mariátegui B-2-A	Viga				x	
73	Av. Costanera Z-18	Viga	x				
<b>Total</b>			37	4	2	31	73

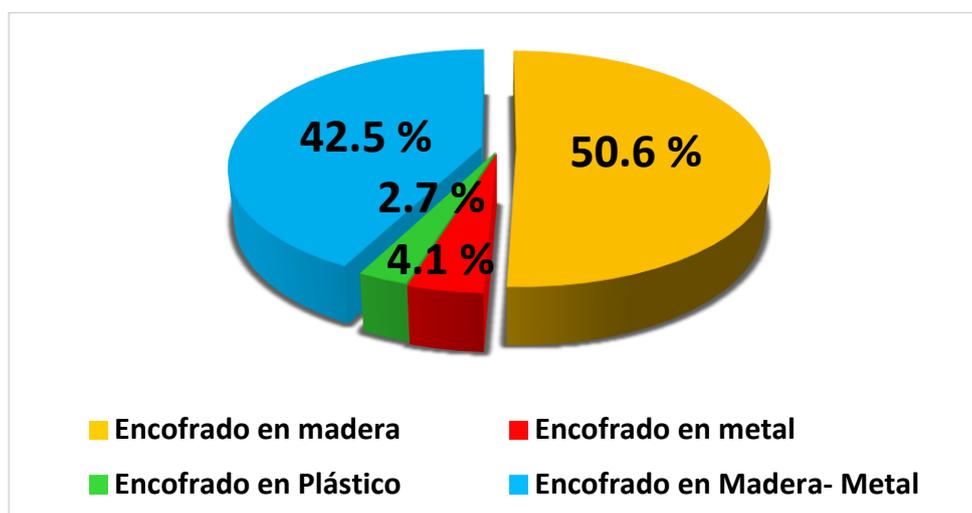
Fuente: Propia

**TABLA 5 Resumen del Censo realizado, periodo de Julio a Octubre – 2016**

	Encofrado en madera	Encofrado en metal	Encofrado en Plástico	Encofrado en Madera-Metal	Total
<b>Obras en ejecución</b>	37	3	2	31	73
<b>Porcentaje</b>	50.6 %	4.1%	2.7 %	42.5%	100 %

Fuente: Propia

**GRÁFICO 9 Edificaciones en procesos constructivos en el distrito de Wanchaq**



Fuente: Propia

El distrito de Wanchaq presenta en total 73 edificaciones en procesos constructivos, siendo el encofrado en madera el más abundante con un porcentaje de 50.6 %, seguido del encofrado mixto de madera y metal con 42.5 % utilizado.

#### 5.4. TAMAÑO DE MUESTRA

Como la población son las viviendas y edificios en proceso constructivo que utilizan los distintos tipos de encofrados y observándose según la tabla 5 que existe 37 obras con encofrado en madera y 31 obras con encofrado en madera y metal se consideró; como muestras de tipo probabilístico dentro de ésta la selección de muestra es aleatoria simple, porque tiene una población de UM (unidades de muestra) homogéneas y tiene la misma probabilidad de ser seleccionada.

El tamaño de muestra se determinó en función a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{Z^2pq}}$$

Dónde:

$n$  = Tamaño de muestra que se desea saber

$N$  = Tamaño conocido de muestra

$e (0.1)$  = Error muestra aceptable

$Z (90\% \approx 1.64)$  = Nivel de confianza

$pq (0.5)(0.5)$  = Varianza poblacional.

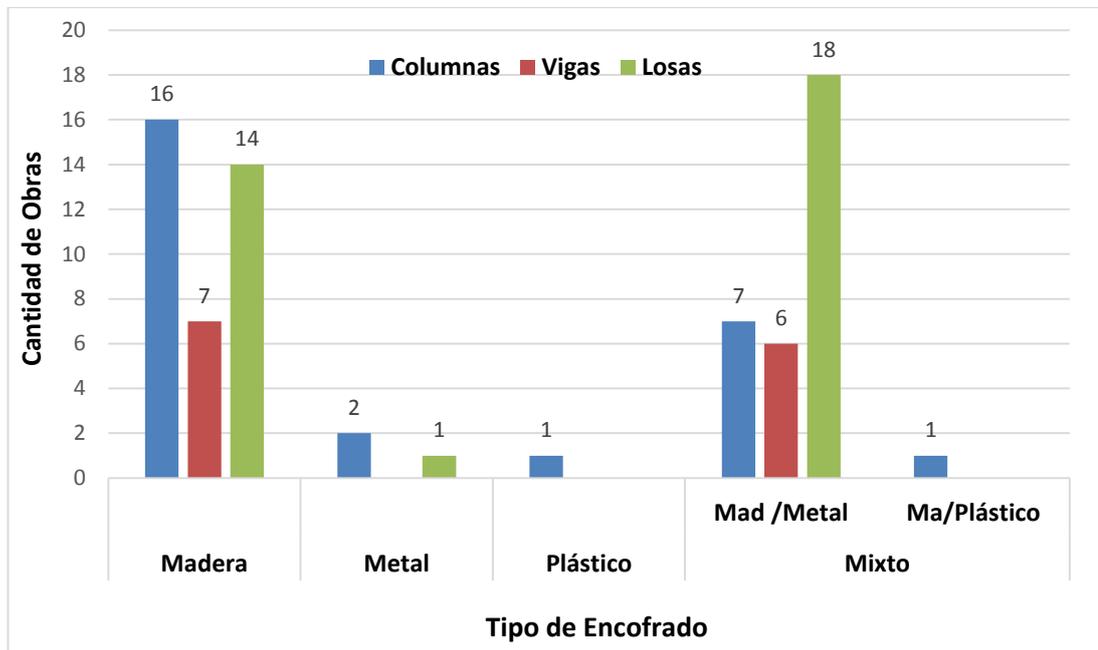
Para un mejor manejo de la información se consideró como criterio estratificar la población según a la actividad que se obtuvo realizando al momento de la vista en la tabla siguiente se mostrará:

**TABLA 6 Clasificación de obras en función a los elementos estructurales ejecutados**

Actividades	Madera	Metal	Plástico	Mixto		Total
				Mad/Me	Mad/Plás	
Columnas	16	2	1	7	1	27
Vigas	7			6		13
Losas	14	1		18		33
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>73</b>

Fuente: Propia

**GRAFICO 10 Edificaciones que presentan un tipo de encofrado según a la actividad realizada**



El uso de la madera se da en la construcción de los elementos estructurales, seguida del sistema mixto donde utilizan el encofrado metálico para columnas y losa en algunos casos, la mayoría de encofrado en losa se da en el sistema mixto donde los puntales de madera son reemplazados por los puntales metálicos en su gran mayoría.

#### 5.4.1. Tamaño de muestra para edificaciones en la elaboración de vigas con encofrado en madera.

Las obras que presentaron solamente el uso de madera en encofrados de viga fueron un total de 7. Dentro de estas se tiene obras estatales, particulares y privadas.

$$n = \frac{7}{1 + \frac{(0.1)^2(7-1)}{(1.64)^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 5.173 \approx 6$$

#### 5.4.2. Tamaño de muestra para edificaciones en la elaboración de columnas con encofrado en madera

Las obras que presentaron solamente el uso de madera en encofrados de columnas fueron un total de 16. Dentro de estas se tiene obras estatales, particulares y privadas.

$$n = \frac{16}{1 + \frac{(0.1)^2(16-1)}{(1.64)^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 13.081 \approx 13$$

#### 5.4.3. Tamaño de muestra para edificaciones en la elaboración de losas con encofrado en madera

Las obras que presentaron solamente el uso de madera en encofrados de losas fueron un total de 14. Dentro de estas se tiene obras estatales, particulares y privadas.

$$n = \frac{14}{1 + \frac{(0.1)^2(14-1)}{(1.64)^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 11.738 \approx 12$$

#### 5.4.4. Tamaño de muestra para edificaciones con sistema mixto

Para este caso como se observa la Tabla 6 se observa que en el sistema mixto de metal madera, se observa que en vigas presenta 6 edificaciones las cuales se consideran todas y para columnas se tiene 7 también se considera todas y en el caso de losas que presenta 18 se trabajará con la fórmula para determinar la cantidad de muestra a evaluar.

$$n = \frac{18}{1 + \frac{(0.1)^2(18-1)}{(1.64)^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 14.367 \approx 14$$

## 5.5. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO UTILIZADOS

Después de revisar revistas, catálogos y trabajos en los cuales se analizó el uso de encofrado en metal y plástico, los elementos que lo componen, se elaboró una encuesta (Ver Anexo 2) que permitió comparar cada uno de los sistemas en la ejecución de obras de edificación.

Las obras seleccionadas fueron al utilizando la fórmula de aleatorio simple y la selección de la primera muestra a encuesta fue escogía al azar utilizando la fórmula de aleatorio simple.

$$n = \frac{73}{1 + \frac{(0.05)^2(73 - 1)}{(1.64)^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 35.252 \approx 35$$

A continuación se muestra la tabla N° 7, esta muestra la población y la selección de la muestra a encuestar, para la selección se consideró el método aleatorio simple, el cual nos permite manera y optimizar mejor la muestra a seleccionar.

**TABLA 7 Selección de la muestra a encuestar**

Nº	Edificaciones	Actividad	Encofrado			Mixto	
			Madera	Metal	Plástico	Madera/ Metal	Madera/ Plástico
1	Av. Manco Cápac # 435	Columnas	x				
2	AA. HH. Vallecito A-29	Columnas	x				
3	Colegio Chachacomayoc	Columnas	x				
4	Av. Huayruropata 1600	Columnas		x	x		x
5	Jr. Justicia A-14	Columnas	x				
6	Av. Infancia	Columnas				x	
7	Av. Primavera 440	Columnas				x	
8	Av. Velasco Astete D-7	Columnas		x			
9	AA. HH. Vallecito A-26	Columnas	x				
10	Psje. Amauta P2-6	Columnas				x	
11	Psje. Cusco N2-11	Columnas	x				
12	Jr. Ica J-21	Columnas	x				
13	Jr. Anta A-12	Columnas	x				
14	Jr. Acomayo C-3	Columnas				x	
15	Pasj. San Francisco	Columnas	x				
16	Jr. Libertad L-32-B	Columnas	x				
17	Jr. Calca I-17	Columnas	x				
18	Jr. Los Kantus D-6	Columnas				x	
19	Urb. La Florida K-3	Columnas	x				
20	Pasj. Angamos Q-7	Columnas	x				
21	Santa Beatriz F-5	Columnas				x	
22	Parque Industrial B-7	Columnas	x				
23	Parque Industrial I-3	Columnas	x				
24	AV. Republica K-6	Columnas				x	
25	Urb. José Carlos Mariátegui	Columnas			x		
26	Av. Los libertadores B1-4	Columnas	x				
27	Av. República de Venezuela LH-7	Losa	x				
28	Av. Manco Capac # 440	Losa	x				
29	Av. Huayruropata 1640-A	Losa				x	
30	Av. Tomasa Ttito Condemayta	Losa	x				
31	Jr. la convención	losa				x	
32	Urb. Las begonias B-1	Losa	x				
33	Av. Velasco Astete F-8	Losa		x			
34	AA.HH. Vallecito A-22	Losa	x				
35	Calle Koricancha A-2-23	Losa	x				
36	Pasj. Indo américa	Losa	x				
37	Pasj. Amauta O-20	Losa				x	
38	Pasj. Ayacucho R2-14	Losa	x				

39	Av. Jorge Chávez C3-13	Losa	x				
40	Pasj. Palmeras Z2-8	Losa				x	
41	Urb. Reyna de Belén A-4	Losa				x	
42	Pasj. Unión B2-5	Losa	X				
43	Av. Infancia 412	Losa				x	
44	Jr. Libertad H-17	Losa				x	
45	Jr. Urcos A-8	Losa				x	
46	Jr. Justicia I-8	Losa	x				
47	Jr. Espinar I-1	Losa	x				
48	Jr. Acomayo C-21-20	Losa		x			
49	Los Cipreses	Losa				x	
50	Jr. Los Sauces	Losa				x	
51	Av. Qosqo X-21	Losa				x	
52	Calle los diamantes A-D-7	Losa				x	
53	Calle Agua Marina D-14	Losa				x	
54	Calle San Formc -Kennedy	Losa				x	
55	Calle Huamantiana S/N	Losa				x	
56	Urb. Los sauces G-6	Losa				x	
57	APV. Los Jardines B-6	Losa				x	
58	C.H. Cahuide A-5	Losa	x				
59	Urb. San Teresa D-6	Losa				x	
60	Pasj. Villa el Periodista D-4	Losa	x				
61	Jr. Comba pata s-6	Viga	x				
62	Pasj. Unión B2-11	Viga	x				
63	Covicec A-14	Viga				x	
64	Urb. Álamos C-11	Viga	x				
65	Pasj. Amauta O-16	Viga	x				
66	Pasj. San Martin de Porras X2-16	Viga				x	
67	Urb. Reyna de Belén C-2	Viga	x				
68	Calle San Francisco A-14	Viga				x	
69	. Quispicanchis A-16	Viga				x	
70	Av. Qosqo - San Judas A-20	Viga				x	
71	Calle Brillantes B-38 Kennedy A	Viga	x				
72	Urb. José Carlos Mariátegui B-2-A	Viga				x	
73	Av. Costanera Z-18	Viga	x				
	Total		37	4	1	31	73

Fuente: Propia.

### 5.5.1. Criterios considerados para determinar la calidad de acabados en los elementos estructurales.

#### ❖ Mano de Obra

En los encofrados de madera es necesario el empleo de mano de obra especiales, 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 para ajustarse a las dimensiones del proyecto

En el sistema de encofrado de metal y plástico se requiere de una mano de obra sencilla no especializada, por tanto puede ser realizada por una persona sin mucha experiencia en obra con previo entrenamiento, debido al uso repetitivo en obra se hace fácil el ensamblado.

**TABLA 8 Mano de obra para encofrado de madera**

MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada	x			Operario
Capacitación	x			Nivelación y reparación
Número de personas	x			1 Operario, 1 oficial. 1 Peón

Fuente: Oribe, 201

**TABLA 9 Mano de obra para encofrado metálico**

MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada		x		Operario
Capacitación		x		Nivelación y reparación
Número de personas		x		1 Operario, 1 oficial.

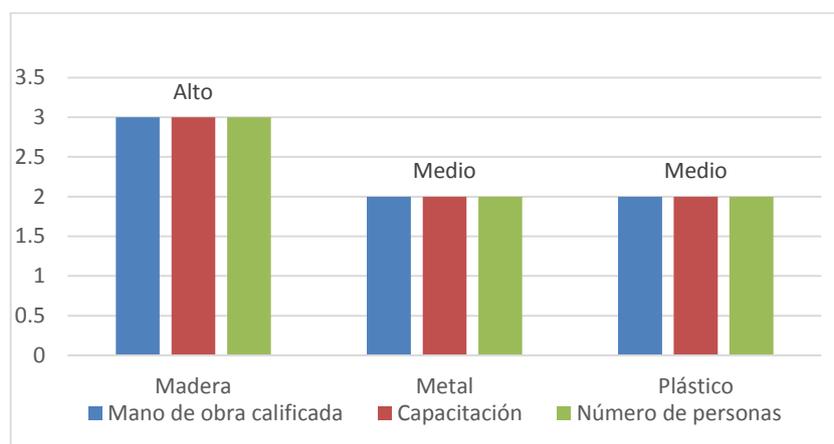
Fuente: Oribe, 2014.

**TABLA 10 Mano de obra para el encofrado de Plástico**

MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada		x		Operario
Capacitación		x		Nivelación y reparación
Número de personas		x		1 Operario, 1 Oficial

Fuente: Oribe, 2014.

**GRAFICO 11 Capacitación de Mano de Obra**



Fuente: Propia.

El grafico 11 muestra que el encofrado en madera requiere de alto grado de capacitación, mayor número de personal y por ende alto grado de Mano de obra calificada

❖ **Herramientas y equipos**

Con respecto al encofrado tradicional este necesitara de una serie de herramientas y equipos menores, pero que son de gran importancia para lograr buenos acabados en el elemento estructural, en el encofrado metálico solo depende de los accesorios de anclaje y fijación para mantenerlo estable y rígido en el momento del vaciado.

**TABLA 11 Materiales utilizados en cada sistema**

Recursos necesarios	Encofrado de madera	Encofrado de metal	Encofrado de Plástico
Mano de obra	Carpintero	No requiere especialista	No requiere especialista
Equipo y maquinaria	Madera: tablonces y listones	Paneles metálicos	Accesorios
	Clavos	Cuñas de conexión	
	Cepillo de carpintero	angulares internos y externos	
	sierra (mesa, eléctrica)		
	Alambre		
	Martillo		
	Serrucho		
	Escuadra		
Nivel			
Almacenamiento	Sin humedad	con anticorrosivo	Limpio

Fuente: Oribe, 2014.

## 5.6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS

Los encofrados son sometidos diferentes factores que pueden afectar tanto su funcionalidad como durabilidad en el campo de trabajo, para conocer se realizó la evaluación funcional y técnica del uso de estos sistemas.

### ❖ Evaluación funcional

Para la evaluación funcional se consideró los siguientes criterios; las características mecánicas, comportamiento de los materiales frente a acciones climáticas, la seguridad que se debe tener en cada sistema y la flexibilidad que tienen estos elementos para adecuarse a los diferentes proyectos estructurales. Para determinar la relación entre las variables se utilizó el método estadístico del Chi cuadrado considerando el análisis por tablas de contingencia, en la cual se determinó el coeficiente de contingencia de las variables a analizar.

$$C = \sqrt{\frac{X^2}{X^2 + n}}$$

Dónde:

C= Coeficiente de Contingencia

$X^2$ = Chi cuadrado

$n$ = Muestra

**TABLA 12 Evaluación funcional del encofrado en madera**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Especificaciones
		Alto	Medio	Bajo		
Integridad	Cantidad de usos	0	11	7	18	El uso es como máximo 7 usos según el cuidado que se tenga al usar y reusar.
	Resistencia	2	14	2	18	La resistencia dependerá de la calidad de la madera y el uso adecuado que se de en cada uso.
	Acciones climáticas	agua	0	0	18	La madera es un material que presenta deterioro ante las acciones climáticas, frente a climas húmedos y cálidos sufre mayor deterioro
		sol	0	5	13	
Seguridad	Complejidad de uso	6	12	0	18	Para la elaboración de este sistema se requiere un grado de capacitación adecuada, para optimizar su uso.
	Capacitación	16	2	0	18	
	Grado de inflamabilidad	17	1	0	18	La madera es un material inflamable debido a que se comporta como un combustible para la producción de fuego.
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	14	4	0	18	Se moldea con facilidad a las formas que se requieren siempre en cuando todo el sistema tenga origen maderable.
	Constructiva	13	5	0	18	
Acciones Indirectas	Contaminación	0	18	0	18	Genera muchos desperdicios durante su uso y reparación.
<b>Total</b>		<b>68</b>	<b>72</b>	<b>40</b>	<b>180</b>	

Fuente: Oribe, 2014.

Se determinó el coeficiente de contingencia mediante el método de Chi cuadrado (Ver Anexo) teniendo como resultado:

Datos

n = 180

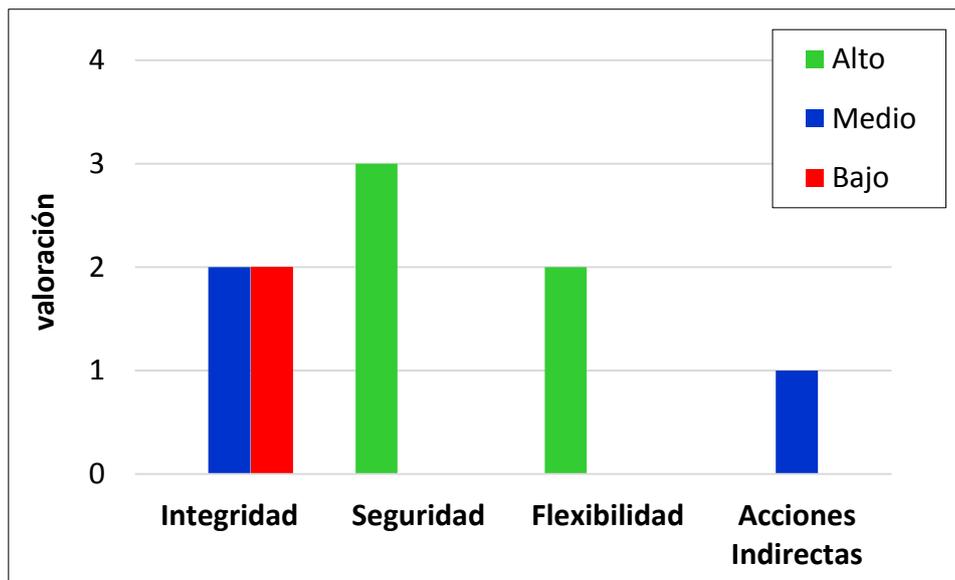
$\chi^2 = 215.1$

$$C = \sqrt{\frac{215.1}{215.1 + 180}}$$

$$C = 0.73 \approx 73 \%$$

Según el resultado indica que existe una relación de 73 % entre las variables analizadas, una relación alta entre la funcionalidad que tiene la madera en la elaboración de los encofrados en madera.

**GRÁFICO 12 Funcionalidad del sistema tradicional (madera)**



*Fuente: Propia.*

El gráfico 12 muestra la funcionalidad del encofrado en madera, muestra una media a baja integridad en cuanto al número de usos y su resistencia frente acciones mecánicas y climáticas. La seguridad es alta porque es un material muy inflamable y requiere de mano de obra capacitado para tener mejores acabados y optimizar el tiempo.

**TABLA 13 Evaluación funcional del encofrado en metálico**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Especificaciones	
		Alto	Medio	Bajo			
Integridad	Cantidad de usos	18	0	0	18	Numero de usos mayor a 500 veces según su mantenimiento y conservación	
	Resistencia	18	0	0	18	Buen comportamiento frente a acciones mecánicas.	
	Acciones climáticas	agua	0	13	5	18	Presenta mínimo deterioro frente a acciones climáticas dependerá de su conservación y almacenamiento adecuado
		sol	15	3	0	18	
Seguridad	Complejidad de uso	0	7	11	18	No presenta complejidad al momento de su uso. Requiere capacitación al inicio.	
	Capacitación	0	14	4	18		
	Grado de inflamabilidad	0	0	18	18	No presenta grado de inflamabilidad.	
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	0	2	16	18	Presenta mínima flexibilidad para formas especiales.	
	Constructiva	0	0	18	18		
Acciones Indirectas	Contaminación	0	6	12	18	Genera mínimos desperdicios al momento de su uso y reparación (restos de pintura anticorrosiva)	
Total		51	45	84	180		

Fuente: Oribe, 2014.

Se determinó el coeficiente de contingencia mediante el método de Chi cuadrado (Ver Anexo) teniendo como resultado:

Datos

n = 180

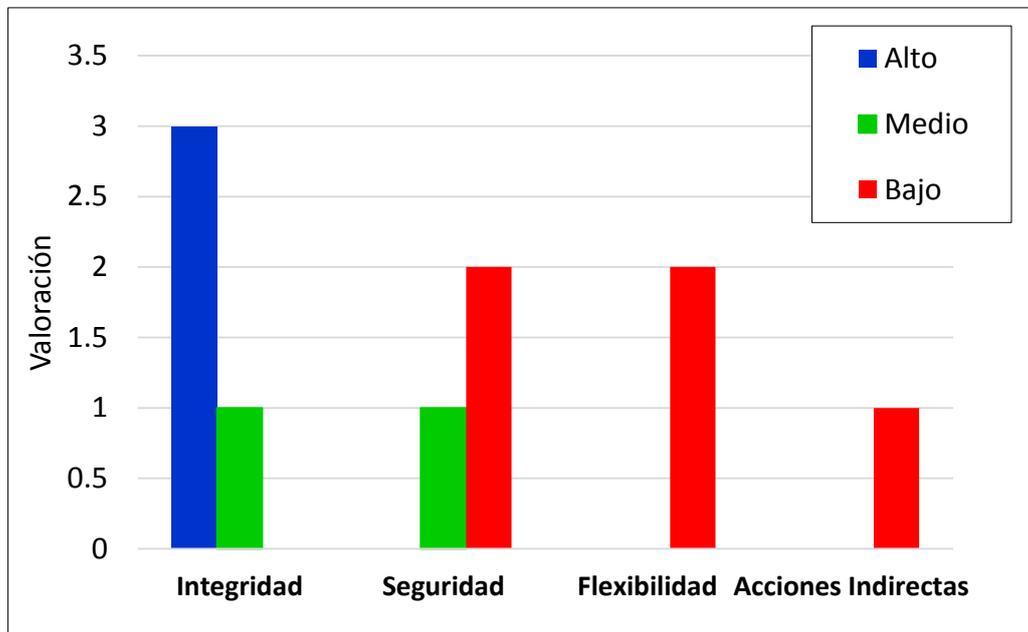
$\chi^2 = 271.41$

$$C = \sqrt{\frac{271.41}{271.41 + 180}}$$

$$C = 0.77 \approx 77 \%$$

Según el resultado indica que existe una relación de 77 % entre las variables analizadas, una relación alta entre la funcionalidad que tiene el metal en la utilizado en el encofrado de elementos estructurales.

**GRÁFICO 13** *Funcionalidad del sistema de encofrado en metal*



*Fuente: Propia.*

El gráfico 13 muestra que el encofrado en metal presenta integridad media alta; en cuanto a cantidad de usos, resistencia mecánica y acciones climáticas, en cuanto a seguridad es media abaja considerando una complejidad baja al momento del armado, capacitación solo al inicio e inflamabilidad baja debido a que el metal no es combustible para el fuego.

**TABLA 14 Evaluación funcional del encofrado de Plástico**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Especificaciones	
		alto	medio	bajo			
Integridad	Cantidad de usos	7	11	0	18	Número de usos mayor a 100 veces según su mantenimiento y conservación	
	Resistencia	15	3	0	18	Buen comportamiento frente a acciones mecánicas. Dependiendo del cuidado en su almacenamiento y uso.	
	Acciones climáticas	agua	18	0	0	18	Presenta mínimo deterioro frente a acciones climáticas dependerá de su conservación y almacenamiento adecuado
		sol	14	4	0	18	
Seguridad	Complejidad de uso	0	5	13	18	No presenta complejidad al momento de su uso. Requiere mínima capacitación	
	Capacitación	0	6	12	18		
	Grado de inflamabilidad	0	7	11	18	Presenta grado de inflamabilidad dependerá de su exposición al fuego	
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	0	6	12	18	Presenta flexibilidad a las formas, generan costos adicionales.	
	Constructiva	0	2	16	18		
Acciones Indirectas	Contaminación	0	9	9	18	Genera mínimos desperdicios al momento de su uso y reparación (restos de concreto adherido al molde)	
Total		54	53	73	180		

Fuente: Oribe, 2014.

Se determinó el coeficiente de contingencia mediante el método de Chi cuadrado (Ver Anexo) teniendo como resultado:

Datos

n = 180

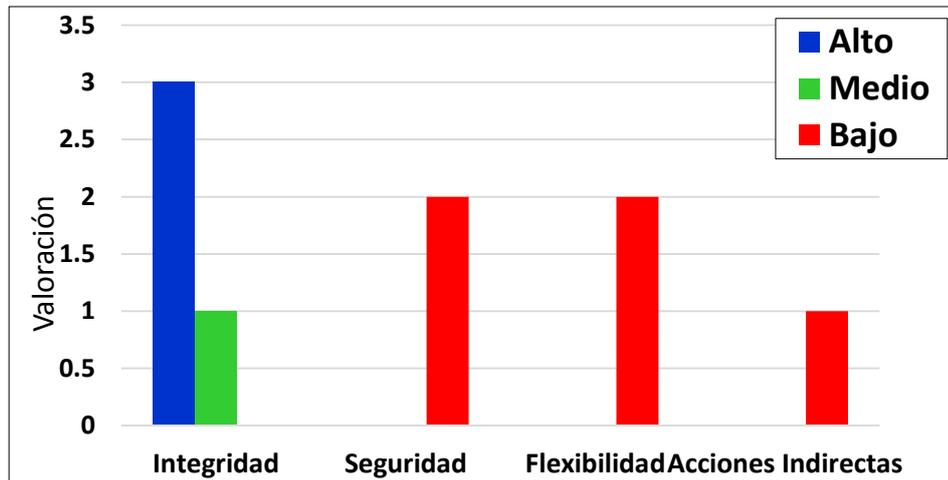
$\chi^2 = 163.51$

$$C = \sqrt{\frac{163.51}{163.51 + 180}}$$

$$C = 0.689 \approx 69 \%$$

Según el resultado indica que existe una relación de 69 % entre las variables analizadas, una relación alta entre la funcionalidad que tiene el plástico en la utilizado en el encofrado de elementos estructurales.

**GRÁFICO 14** *Funcionalidad del sistema de encofrado en Plástico*



*Fuente: Propia.*

El grafico 14 indica que el encofrado de plástico muestra una integridad media alta en cuanto número de usos, resistencia mecánica y acciones climáticas alta, en seguridad es baja en referencia a complejidad en su uso y capacitación del personal, poca inflamabilidad; baja flexibilidad en cuanto a formas especiales ya que están son prefabricadas.

#### ❖ **Evaluación técnica**

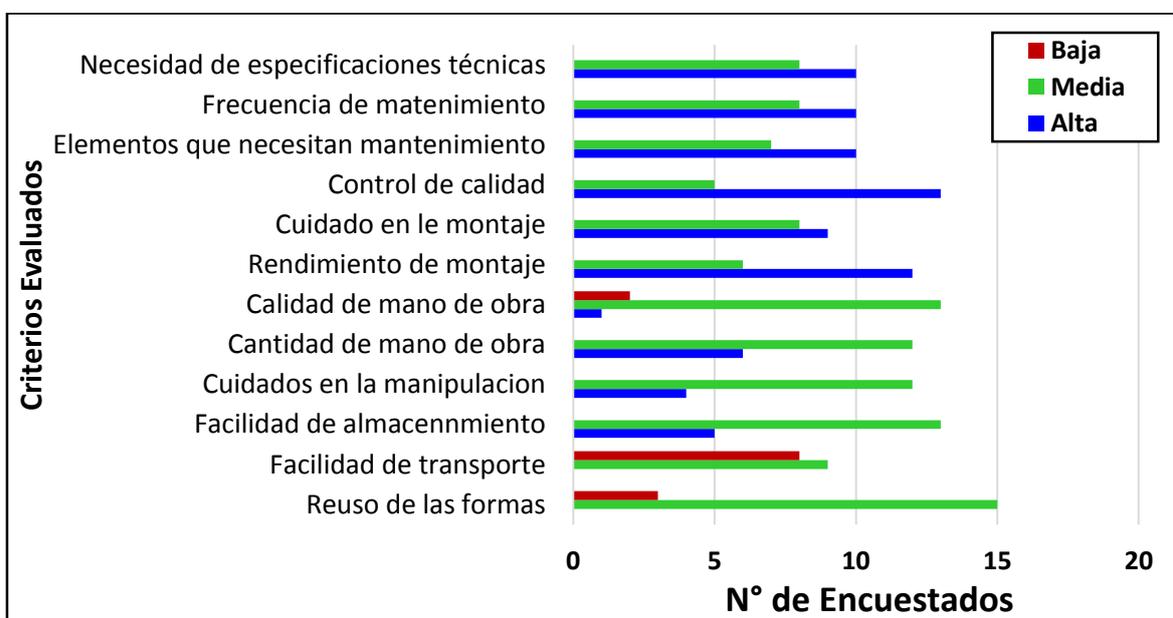
Para la evaluación técnica se consideró ciertos criterios como: la durabilidad, transporte en obra, control de calidad y la reutilización de los distintos materiales en obras. Tomadas de los catálogos y de revistas de construcción.

**TABLA 15 Evaluación técnica del sistema tradicional de encofrado (madera).**

Criterios	Comportamiento			Total
	Alta	Media	Baja	
Reusó de las formas	0	7	10	17
Facilidad de transporte	0	15	3	18
Facilidad de almacenamiento	0	9	8	17
Cuidados en la manipulación	5	13	0	18
Cantidad de mano de obra	4	12	0	16
Calidad de mano de obra	6	12	0	18
Rendimiento de montaje	1	13	2	16
Cuidado en el montaje	12	6	0	18
Control de calidad	9	8	0	17
Elementos que necesitan mantenimiento	13	5	0	18
Frecuencia de mantenimiento	10	7	0	17
Necesidad de especificaciones técnicas	10	8		18
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>115</b>	<b>23</b>	<b>208</b>

Fuente: Propia

**GRÁFICO 15 Técnica y funcionalidad del encofrado en madera**



Fuente: Propia.

El gráfico 15 muestra que el encofrado en madera requiere de una demanda de especificaciones técnicas, frecuencia de mantenimiento y control de calidad

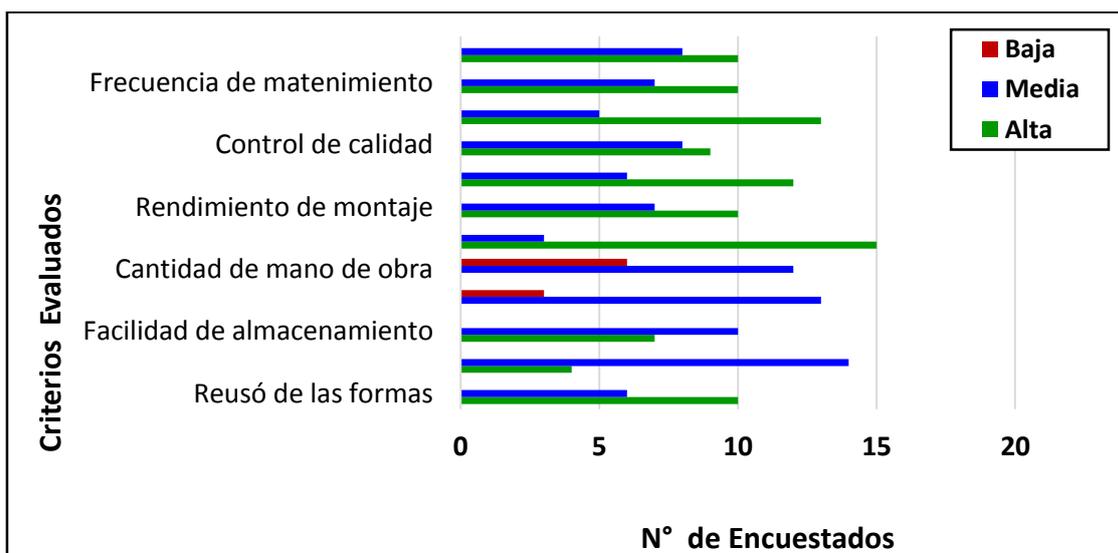
frecuente para permitir buenos acabados y mínimo error; cuidado en el montaje y mano de obra mayor a comparación de los otros sistemas de encofrado

**TABLA 16 Evaluación técnica del encofrado en metal**

Criterios	Comportamiento			Total
	Alta	Media	Baja	
Reusó de las formas	10	6	0	16
Facilidad de transporte	4	14	0	18
Facilidad de almacenamiento	7	10	0	17
Cuidados en la manipulación	0	13	3	16
Cantidad de mano de obra	0	12	6	18
Calidad de mano de obra	15	3	0	18
Rendimiento de montaje	10	7	0	17
Cuidado en el montaje	12	6	0	18
Control de calidad	9	8	0	17
Elementos que necesitan mantenimiento	13	5	0	18
Frecuencia de mantenimiento	10	7	0	17
Necesidad de especificaciones técnicas	10	8		18
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>9</b>	<b>208</b>

Fuente: Oribe, 2014.

**GRÁFICO 16 Técnica y funcionalidad del encofrado en metal**



Fuente: Propia.

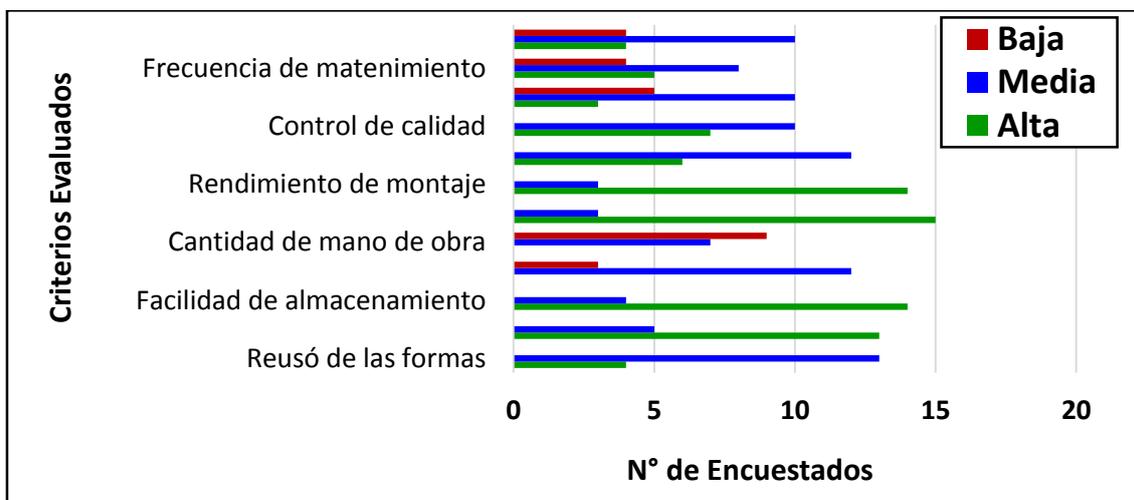
El gráfico 16 muestra que el encofrado en metal tiene un alto rendimiento en el montaje porque su armado se hace más fácil por tener piezas prefabricadas, su reusó es alto unas 500 veces más que la madera. Muy rentable a largo plazo. El almacenamiento será dificultoso en función al área donde se realice los trabajos. El transporte será como porque se ordena según al tamaño.

**TABLA 17 Evaluación técnica del encofrado en plástico**

Criterios	Comportamiento			Total
	Alta	Media	Baja	
Reusó de las formas	4	13	0	17
Facilidad de transporte	13	5	0	18
Facilidad de almacenamiento	14	4	0	18
Cuidados en la manipulación	0	12	3	15
Cantidad de mano de obra	0	7	9	16
Calidad de mano de obra	15	3	0	18
Rendimiento de montaje	14	3	0	17
Cuidado en el montaje	6	12	0	18
Control de calidad	7	10	0	17
Elementos que necesitan mantenimiento	3	10	5	18
Frecuencia de mantenimiento	5	8	4	17
Necesidad de especificaciones técnicas	4	10	4	18
Total	85	97	25	207

Fuente: Oribe, 2014.

**GRÁFICO 17 Técnica y funcionalidad del encofrado en plástico**



Fuente: Propia.

El gráfico 17 muestra que el encofrado plástico presenta un alto grado de rendimiento en comparación al de madera y metal por el peso liviano que presenta estas formas y además de fácil y rápido almacenamiento por ser piezas livianas y pequeñas, su reusó es 100 veces más que la madera.

### 5.7. Comparación del encofrado de madera, metal y plástico

Para la comparación de los diferentes materiales utilizados en el encofrado se consideró las diferencias existentes entre la funcionalidad y la técnica desarrolladas en los ítems anteriores, el cuadro siguiente muestra la diferencia existente en cada sistema.

**TABLA 18 Comparación del encofrado de madera y metal (LAC) y plástico (ABS)**

	ENCOFRADO MANOPORTABLE		
	METAL	PLASTICO	MADERA
Rendimiento	Excelente	Excelente	Bajo
Sistema de fundido	Columnas, placas, Muros, monolítico.	Columnas, placas, Muros, monolítico.	columnas, placas, Muros.
Acabado	Liso y texturizado De acuerdo al diseño Arquitectónico.	Liso y texturizado De acuerdo al diseño Arquitectónico	Rústico, necesita Arreglo de la superficie
Tiempo de Desencofrado	Al día siguiente	Al día siguiente	Cuando el concreto haya adquirido su resistencia inicial
Reutilización	500 usos aprox.	100 usos aprox.	07 usos aprox.
Valor mt2 - Encofrado	S/39.74	S/. 130.26	s/39.45
Disponibilidad	Bueno	Baja	Bueno
Variabilidad de mediodas	Buena	Buena	Mala
Mano de Obra	Calificada	Calificada	Calificada
Mantenimiento	Sencillo	Sencillo	Excesivo
Usos	Vivienda, edificios muros de contenido, puentes etc.	Vivienda, edificios.	Estructuras tradicionales
Desventaja	Ninguna	su fragilidad y fácil deterioro	Los cambios Climáticos alteran la madera. Fragilidad de la madera.

Fuente: Propio.

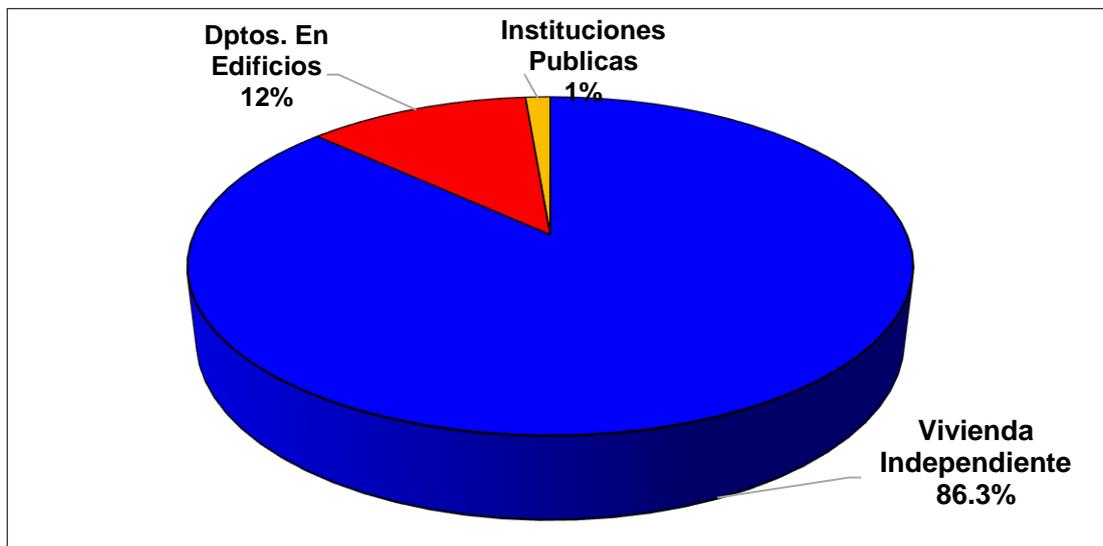
## CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 6.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL CENSO REALIZADO

#### 6.1.1. Tipo de obras por su naturaleza de ejecución

N	Tipo de Obra	N de Obras	Frecuencia Relativa	% de Obras
1	Vivienda independiente	63	0.86	86.3
2	Dptos. En Edificio	9	0.12	12.3
3	Instituciones Publicas	1	0.01	1.4
	<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>1.00</b>	<b>100.0</b>

**GRÁFICO 18** Tipos de obras en ejecución por su naturaleza

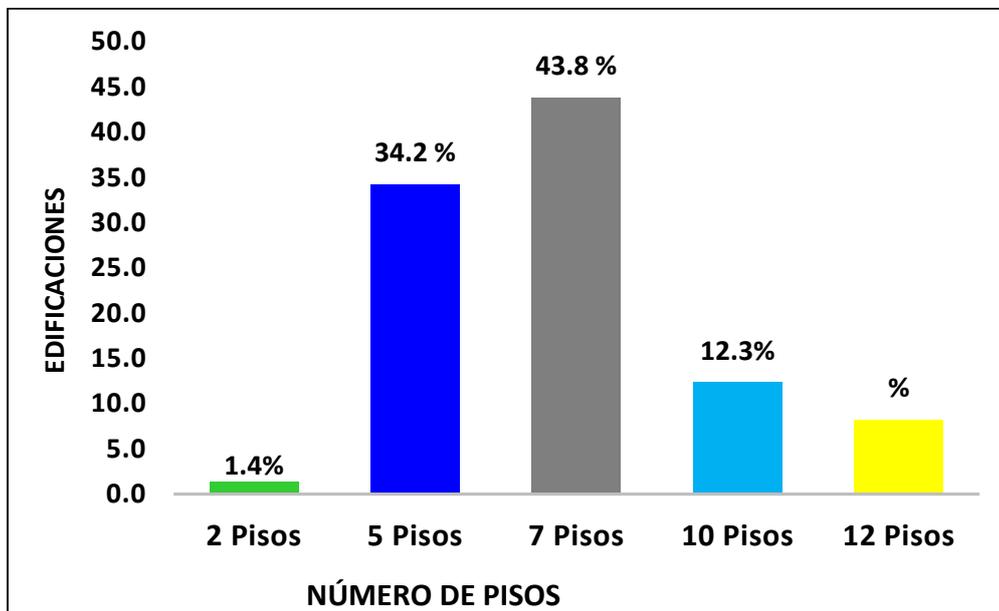


Según el gráfico 17, se observa que el mayor porcentaje de obras son de naturaleza independiente, seguida de las obras particulares 12% y solo existe 1% de obras públicas.

### 6.1.2. Obras por el número de pisos ejecutados

Número de Pisos	N de Obras	Frecuencia Relativa	% de Obras
2 Pisos	1	0.01	1.4
5 Pisos	25	0.34	34.2
7 Pisos	32	0.44	43.8
10 Pisos	9	0.12	12.3
12 Pisos	6	0.08	8.2
	73	1.00	100.0

**GRÁFICO 19 Obras por el número de pisos.**



Según el gráfico 18 se observa que en el distrito de Wanchaq el número mínimo de niveles a construir es de 3 correspondiente a un centro educativo, seguido de las edificaciones de 5 pisos que corresponde a viviendas particulares ubicadas en pasajes, se tiene el mayor porcentaje de edificaciones de 7pisos debido al área que tiene y la zona donde se ubican, los edificios por departamentos se encuentran en el rango de 10 a 12 pisos. Este análisis permitirá determinar en qué tipo de obras en donde se usa más el encofrado de madera, metal y plástico.

## 6.2. CALIDAD DE ACABADOS EN CADA UNO DE LOS TIPOS DE ENCOFRADO

Para determinar la calidad de los acabados se observó las columnas después del desencofrado controlando el aplome, escuadrada, alineamiento y deformación del encofrado y las mismas columnas su aspecto visual. Para lo cual se construyó una tabla que compara 4 criterios desde muy bueno a malo.

Para analizar la calidad de los acabados de las columnas se analizó con él por método de Chi cuadrado en este caso se propone dos hipótesis; la hipótesis alterna  $H_0$  y la hipótesis nula. Los cálculos se muestran en Anexo

Datos considerados

- **v**: Grado de libertad (# filas-1) (#columnas-1).
- **e (0.05)**: probabilidad de error.
- **p/v** : Probabilidad de encontrar un valor, tabla de Chi Cuadrado (ver Anexo)

Si  $X^2(\text{Calculado}) > X^2(\text{Tabla})$ ; entonces se rechaza la  $H_0$ .

Si  $X^2(\text{Calculado}) < X^2(\text{Tabla})$ ; entonces se rechaza la  $H_1$ .

### A. Para el caso del encofrado de Madera

Se propone las siguientes hipótesis:

- ❖  $H_0$ : Los encofrados de madera dan muy buenos acabados a los elementos estructurales.
- ❖  $H_1$ : Los encofrados de madera no dan muy buenos acabados en los elementos estructurales.

**TABLA 19 Calidad de encofrado en Madera**

CRITERIOS	ENCOFRADO MADERA				Total	X <sup>2</sup> Calculado
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO		
Grado de cangrejas	3	14	16	2	35	18.09
Desaplome del elemento	2	17	11	1	31	16.30
Alineamiento	5	5	21	2	33	11.34
Deformación del encofrado	0	3	24	1	28	18.36
Acabado visual	7	2	22	3	34	9.23
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>41</b>	<b>94</b>	<b>9</b>	<b>161</b>	<b>38.66</b>

Datos:

- $v: (5-1)(4-1) = 12$
- $e = 0.05$
- $p/v : 21.06$

$$X^2(\text{Calculado}) = 38.66 > X^2(\text{Tabla}) = 21.06$$

Entonces se acepta la  $H_0$ ; que indica del encofrado en madera no genera muy buenos acabados en las columnas encofradas, esto dependerá de las condiciones del encofrado y los materiales usados.

- **Observación de columnas con encofradas de madera**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta irregularidad en una de las caras de la columna.</li> <li>• Se observa la marga de unión de las tablas utilizadas.</li> <li>• La superficie presenta algunos restos de madera requieren de tarrajeo para perfeccionar la superficie.</li> </ul>
---	---

## B. Para el caso del encofrado de Metal

Se propone las siguientes hipótesis:

Ho: Los encofrados de metal dan muy buenos acabados a los elementos estructurales.

Hi: Los encofrados de metal no dan buenos en los elementos estructurales.

**TABLA 20 Calidad de encofrado en Metal**

CRITERIOS	ENCOFRADO METAL				Total	$X^2$ Calculado
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO		
Grado de cangrejeras	12	13	9	0	34	3.91
Desaplome del elemento	12	17	6	0	35	0.84
Alineamiento	16	14	5	0	35	0.23
Deformación del encofrado	17	15	3	0	35	1.24
Acabado visual	15	16	2	0	33	1.91
	72	75	25	0	172	8.13

Datos:

- $v: (5-1)(4-1) = 12$
- $e = 0.05$
- $p/v : 21.06$

$$X^2(\text{Calculado}) = 8.13 < X^2(\text{Tabla}) = 21.06$$

Entonces se acepta la Ho; el encofrado en metal genera muy buenos acabados en las columnas. En este caso la calidad de acabados estará sujeto al slump del concreto y la granulometría de los agregados.

- **Observación de columnas con encofradas de metal**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se observa una superficie homogénea sin poros.</li> <li>• Las esquinas están bien definidas y presenta una superficie lisa.</li> </ul>
---	---

### C. Para el caso del encofrado de Plástico

Se propone las siguientes hipótesis:

Ho: Los encofrados de plástico dan muy buenos acabados a los elementos estructurales.

Hi: Los encofrados de plástico no dan buenos en los elementos estructurales.

**TABLA 21 Calidad de encofrado en Plástico**

CRITERIOS	ENCOFRADO PLASTICO				Total	X <sup>2</sup> Calculado
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO		
Grado de cangrejas	9	15	3	0	27	8.59
Desaplome del elemento	13	10	2	0	25	1.23
Alineamiento	18	5	4	0	27	1.80
Deformación del encofrado	19	5	3	0	27	1.93
Acabado visual	16	4	3	0	23	1.81
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>39</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>129</b>	<b>15.36</b>

Datos:

- $v: (5-1)(4-1) = 12$
- $e = 0.05$
- $p/v : 21.06$

$$X^2(\text{Calculado}) = 15.36 < X^2(\text{Tabla}) = 21.06$$

Entonces se acepta la  $H_0$ ; el encofrado en plástico genera muy buenos acabados en las columnas al igual que el metal. La calidad de acabados estará sujeta al slump del concreto y la granulometría de los agregados.

- **Observación de columnas con encofradas de plástico**



- Se observa una superficie homogénea sin poros.
- Las esquinas están bien definidas y presenta una superficie lisa.

### 6.3.1. Diferencias entre los encofrados metálicos encontrados en obras

Entre las obras visitadas se observó que todas trabajan con sistema de encofrado EFCO, pero que ha estado modificando por las empresas para su mejor uso y optimizar el tiempo de armado en obra. En Cusco desde hace dos años se está fabricando artesanalmente los encofrados EFCO realizando modificaciones. A continuación mostraremos las diferencias existentes entre los encofrados de metal encontrado en obra.

#### A. En cuanto a formas

Se encontró dos tipos de formas, una de estas es la distancia de los agujeros donde entran las grapas.

	<p>Encofrado Tipo I, los paneles metálicos presentan agujeros cada 5 cm a lo largo del eje de la láminas de la cara posterior de los paneles, las grapas entran en esos agujeros, estas grapas fueron elaboradas en Cusco modificando el modelo original</p>
--	--

	<p>Encofrado Tipo II, los paneles metálicos presentan agujeros cada 2.5 cm a lo largo del eje de la láminas de la cara posterior de los paneles, las grapas entran en esos agujeros, estas grapas son originales de EFCO.</p>
---	---

## B. En cuanto a las grapas

	<p>Encofrado Tipo I, las grapas que utilizan son de 3 modelos los cuales fueron fabricados aquí permitiendo mejorar la trabajabilidad del encofrado en lata.</p>
---	--

	<p>Encofrado Tipo II, las grapas son originales de EFCO, estas son de acero fundido no más consistentes que de las anteriores.</p>
--	--

## C. Puntales Metálicos

	<p>Los puntales metálicos presentan modificación en su peso unos más livianos que los originales, presentan mayor manejo en cuanto al roscado. Las T son livianas.</p>
---	--

	<p>Los puntales originales de ULMA presentan una rosca con brazo fijo, el peso es mayor por el espesor del tubo. Que los fabricados en Cusco</p>
---	--

### 6.3. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO DEL ENCOFRADOS DE MADERA, METAL (LAF) Y PLASTICO (ABS)

Para el análisis económico se consideró 3 criterios que permitieron determinar la rentabilidad del uso de cada uno de estos materiales en obras. A continuación se desarrollará cada uno de estos:

Para el análisis económico se consideró 3 criterios que permitieron determinar la rentabilidad del uso de cada uno de estos materiales en obras. A continuación se desarrollará cada uno de estos:

#### 6.3.1. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en madera

Para analizar este ítem se realizó el análisis del rendimiento y tiempo en función de los elementos estructurales que se encofraron durante el periodo de Censo.

##### A. Metrado, Rendimiento y Tiempo en columnas

Para analizar este ítem se determinó una muestra de 12 edificaciones a continuación se mostrará el análisis realizado de la muestra a evaluar, en función de la formada.

**TABLA 22 Metrado de Columnas en edificaciones con encofrado en madera**

N	Vivienda	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
1	AA. HH. Vallecito A-29	0.25	0.5	2.3	3.45	12	41.4
2	Jr. Ica J-21	0.25	0.6	2.3	3.91	15	58.65
3	Pasj. San Francisco	0.25	0.5	2.2	3.3	11	36.3
4	AA. HH. Vallecito A-26	0.25	0.4	2.3	2.99	9	26.91
5	Jirón Justicia A-14	0.25	0.5	2.25	3.375	9	30.375
6	Jr. Calca I-17	0.25	0.4	2.3	2.99	15	44.85
7	Urb. La Florida K-3	0.3	0.6	2.3	4.14	6	24.84
8	Av. Manco Capac # 435	0.25	0.7	2.25	4.275	12	51.3
9	Colegio Chachacomayoc	0.3	0.7	2.5	5.00	21	105
10	Jr. Justicia A-14	0.25	0.4	2.2	2.86	12	34.32
11	Jr. Anta A-12	0.2	0.5	2.3	3.22	12	38.64
12	Av. Los libertadores B1-4	0.25	0.6	2.25	3.825	9	34.425
13	Pasj. Angamos Q-7	0.25	0.5	2.25	3.375	6	20.25

**TABLA 23 Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Columnas**

	Vivienda	Área Total (m2)	Cuadrilla		N Cuadrilla	Col m/día	Rendimiento m2/día	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
			OP	Of					
1	AA. HH. Vallecito A-29	41.4	1	1	2	6	21	16.00	2.00
2	Jr. Ica J-21	58.65	1	1	2	6	23	20.00	2.50
3	Psje. San Francisco	36.3	1	1	2	6	20	14.67	1.83
4	AA. HH. Vallecito A-26	26.91	1	1	2	6	18	12.00	1.50
5	Jirón Justicia A-14	30.375	1	1	2	6	20	12.00	1.50
6	Jr. Calca I-17	44.85	1	1	2	6	18	20.00	2.50
7	Urb. La Florida K-3	24.84	1	1	1	3	12	16.00	2.00
8	Av. Manco Capac # 435	51.3	1	1	2	6	26	16.00	2.00
9	Colegio Chachacomayoc	105	1	1	3	8	40	21.00	2.63
10	Jirón Justicia A-16	34.32	1	1	2	6	17	16.00	2.00
11	Jr. Anta A-12	38.64	1	1	1	3	10	32.00	4.00
12	Av. Los libertadores B1-4	34.425	1	1	1	3	11	24.00	3.00
13	Psje. Angamos Q-7	20.25	1	1	2	6	20	8.00	1.00
<b>Promedio</b>							<b>20</b>	<b>18.31</b>	<b>1.98</b>
<b>Desv. Estándar</b>							<b>3.4</b>	<b>3.30</b>	<b>0.41</b>

En el caso de columnas se muestra que tiene un rendimiento de promedio de 20 m<sup>2</sup>/día, teniendo una desviación estándar de 3.4, el tiempo promedio fue de 16 horas con una desviación estándar de 1.8 equivalente a dos días 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.

## **B. Metrado, Rendimiento y Tiempo en Vigas**

Para el análisis del rendimiento y tiempo se tomó en cuenta todas las edificaciones que se encontraban en elaborando los moldes para las vigas.

**TABLA 24 Metrado de Vigas en edificaciones con encofrado en madera**

N	Vivienda	Ancho (m)	Peralte (m)	Long. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
1	Av. Qosqo - San Judas A-20	0.25	0.4	4.5	2.93	3	8.78
2	Jr. Libertad	0.25	0.4	4.85	3.15	5	15.76
3	Calle San Francisco A-14	0.25	0.4	4.1	2.67	3	8.00
4	Psje. Unión B2-11	0.25	0.5	5	3.75	4	17.00
5	Av. Costanera Z-18	0.25	0.5	4.7	3.53	3	11.99
6	Psje. San Martin de Porras X2-16	0.25	0.4	4.6	2.99	4	11.96

**TABLA 25 Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Vigas**

N	Vivienda	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla		N Cuadrilla	Vigas/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
			Op	Of					
1	Av. Qosqo - San Judas A-20	8.78	1	1	1	3	8.78	8.00	1.00
2	Jr. Libertad	15.76	1	1	2	6	18.92	6.67	0.83
3	Calle San Francisco A-14	8.00	1	1	1	3	8.00	8.00	1.00
4	Psje. Unión B2-11	15.00	1	1	2	6	22.50	5.33	0.67
5	Av. Costanera Z-18	10.58	1	1	1	3	10.58	8.00	1.00
6	Psje. San Martin de Porras X2-16	11.96	1	1	1	3	8.97	10.67	1.33
<b>Promedio</b>							<b>12.96</b>	<b>7.78</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv. Estándar</b>							<b>6.17</b>	<b>1.77</b>	<b>0.22</b>

En el caso de vigas se muestra que tiene un rendimiento de promedio de 12.3 m<sup>2</sup>/día, teniendo una desviación estándar de 5.9. El tiempo promedio requerido es de 8 horas equivalente a un día de trabajo y desviación estándar de 2.7 horas que indica que existe una variación entre los datos.

**TABLA 26** *Metrado de Losa en edificaciones con encofrado en madera*

N	Vivienda	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
1	Av. República de Venezuela LH-7	4.25	5	3	21.25
2	Av. Manco Capac # 440	4.6	5.7	2	26.22
3	Urb. Las begonias B-1	4.5	5.2	2	23.4
4	AA.HH. Vallecito A-22	4.8	4.7	3	22.56
5	Psje. Indoamericana	3	4.8	2	14.4
6	Psje. Ayacucho R2-14	5.14	3.78	2	19.4292
7	Psje. Unión B2-5	4.5	5.1	2	22.95
8	Jr. Justicia I-8	5	5	2	25
9	C.H. Cahuide A-5	4.5	5	2	22.5
10	Psje. Villa el Periodista D-4	3.5	4	3	14
11	Av. Tomasa Ttito Condemayta	4	5.3	3	21.2
12	Psje. Unión	3.5	3.5	2	12.25

**TABLA 27** *Rendimiento y Tiempo del encofrado en madera en Losa*

N	Vivienda	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla		Nº Cuadrilla	Paños/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
			Op	Of					
1	Av. República de Venezuela LH-7	21.25	1	1	2	2	42.5	12	1.5
2	Av. Manco Capac # 440	26.22	1	1	2	2	52.44	8	1
3	Urb. Las begonias B-1	23.4	1	1	2	2	46.8	8	1
4	AA.HH. Vallecito A-22	22.56	1	1	1	1	22.56	24	3
5	Psje. Indoamérica	14.4	1	1	1	1	14.4	16	2
6	Psje. Ayacucho R2-14	19.4292	1	1	2	2	38.86	8	1
7	Psje. Unión B2-5	22.95	1	1	1	1	22.95	16	2
8	Jr. Justicia I-8	25	1	1	1	1	25	16	2
9	C.H. Cahuide A-5	22.5	1	1	1	1	22.5	16	2
10	Psje. Villa el Periodista D-4	14	1	1	1	1	14	24	3
11	Av. Tomasa Ttito Condemayta	21.2	1	1	2	2	42.4	12	1.5
12	Psje. Unión	12.25	1	1	1	1	12.25	16	2
<b>Promedio</b>							<b>30.2</b>	<b>14.8</b>	<b>1.9</b>
<b>Desv. Estándar</b>							<b>13.8</b>	<b>6</b>	<b>0.7</b>

Para losa se tiene un rendimiento de promedio de 12.3 m<sup>2</sup>/día, teniendo una desviación estándar de 14, para el caso del tiempo se tiene un promedio de 15 horas y una desviación estándar de 6 que indica que existe una variación mayor con respecto a columnas y vigas.

### 6.3.2. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en Metal

Se encontró 3 obras con encofrado metálico en la mayoría de elementos metálicos. Las muestras evaluadas presentan ciertas diferencias en algunos elementos utilizados al momento de encofrar criterio que permitió determinar dos tipos de encofrados en obras utilizadas en el encofrado de elementos estructurales; teniendo el Tipo I y Tipo II, su diferencia se encuentra en los siguientes elementos por los conectores de paneles y los aplanadores, la disposición de los agujeros para la colocación de los conectores.

#### A. Encofrado Obra I

El tipo uno presenta los agujeros de conexión cada 5 cm, presenta aplomadores, espárragos, alineadores y conectores de paneles fabricados en Cusco.

**TABLA 28** *Metrado de Columnas en edificación con encofrado en metal*

#### *Obra I*

Nº	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
1	C-1	0.3	0.5	2.25	3.6	12	43.2
2	C-2	0.25	0.7	2.25	4.26	2	8.5
3	C-3	0.25	0.6	2.25	3.83	2	7.6
4	C-3'	0.25	0.6	2.25	3.83	4	15.3
5	C-4	0.25	0.4	2.25	2.93	2	5.8
6	C-5	0.4	0.5	2.25	4.05	2	8.1
7	C-6	0.3	0.3	2.25	2.7	2	5.4
	<b>Placas</b>						
8	P-1	0.2	4.8	2.25	22.5	2	45
9	P-2	0.2	1.5	2.25	7.65	2	15.3
10	P-3	0.2	4.9	2.25	22.95	1	22.9
11	P-4	0.2	4.77	2.25	22.37	1	22.4
12	P-5	0.2	5.5	2.25	25.65	2	51.3

**TABLA 29 Rendimiento y Tiempo del encofrado en Metal Tipo I**

Nº	Descripción	Área Total (m2)	Cuadrilla			Nº Cuadrilla	Columna/ día	Rendimiento m2/día	Tiempo (horas)
			Op	Of	Pe				
	<b>Columnas</b>								
1	C-1	43.2	1	1	0	2	8	28.80	12
2	C-2	8.55	0	1	1	1	4	17.10	4
3	C-3	7.65	0	1	1	1	4	15.30	4
4	C-3´	15.3	0	1	1	1	4	15.30	8.0
5	C-4	5.85	0	1	1	1	4	11.70	4
6	C-5	8.1	0	1	1	1	4	16.20	4
7	C-6	5.4	0	1	1	1	4	10.80	4
8	<b>Placas</b>							0.00	
9	P-1	45	1	1	1	2	2	45.00	8
10	P-2	15.3	0	1	1	1	1	7.65	16
11	P-3	22.95	1	1	0	1	1	22.95	8
12	P-4	22.34	1	1	1	1	2	44.73	4
13	P-5	51.3	1	1	0	2	2	51.30	8
<b>Promedio</b>								<b>22</b>	<b>8</b>
<b>Desv. Estándar</b>								<b>15.05</b>	<b>3.86</b>

Para el encofrado de Tipo I se tiene un rendimiento de promedio de 22 m2/día, teniendo una desviación estándar de 15.05 y en el caso del tiempo se tiene un promedio de 8 horas y una desviación estándar de 3.9 que indica que existe una variación mayor con respecto a columnas y vigas.

#### **B. Encofrado Obra II**

El tipo uno presenta los agujeros de conexión cada 2.5 cm, no presenta aplomadores, espárragos, alineadores y conectores de paneles fabricados de fábrica.

**TABLA 30 Metrado de Columnas en edificación con encofrado en metal****Obra II**

Nº	Descripción	Área Total (m2)	Cuadrilla			Nº Cuadrilla	Columna/día	Rendimiento m2/día	Tiempo (horas)
			Op	Of	Pe				
	<b>Columnas</b>								
1	C-1	42.24	1	1	1	2	6	21.12	16
2	C-2	8.36	1	1	0	1	3	12.54	5.3
3	C-3	7.48	0	1	1	1	3	11.22	5.3
4	C-3´	22.44	1	1	0	2	6	22.44	8
5	C-4	8.58	0	1	1	1	3	8.58	8
6	C-5	7.92	0	1	1	1	3	11.88	5.3
7	C-6	5.28	0	1	1	1	3	7.92	5.3
8	Placas								
9	P-1	44.0	1	1	0	3	2	44	8
10	P-2	14.96	0	1	1	1	2	14.96	8
11	P-3	22.44	1	1	0	1	2	44.88	4
12	P-4	21.868	1	1	0	1	2	43.736	4
13	P-5	50.16	1	1	1	2	2	50.16	8
<b>Promedio</b>								<b>24</b>	<b>7.11</b>
<b>Desv. Estándar</b>								<b>16.34</b>	<b>3.23</b>

Para el encofrado de Tipo II se tiene un rendimiento de promedio de 24 m2/día, teniendo una desviación estándar de 16.34, en el caso del tiempo se tiene un promedio de 7 horas y una desviación estándar de 3.23 que indica que existe una variación.

**6.3.3. Medición del Rendimiento y Tiempo de encofrado en Plástico**

En el caso del encofrado de plástico solo se encontró dos obras que utilizan este tipo de encofrado, una que se encuentra dentro del área de estudio y otra en fuera. Se consideró las dos obras para poder tener una muestra adecuada para realizar las evoluciones correspondientes.

**TABLA 31** Metrado de Columnas en edificación con encofrado en Plástico

Nº	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
1	C-1	0.25	0.7	2.4	4.56	2	9.12
2	C-2	0.25	0.6	2.4	4.08	1	4.08
3	C-3	0.25	0.5	2.4	3.6	10	36
4	C-4	0.25	0.4	2.4	3.12	3	9.36
5	C-5	0.25	0.25	2.4	2.4	1	2.4

**TABLA 32** Rendimiento y Tiempo del encofrado en Plástico

N	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla			N Cuadrilla	Columna/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (horas)
		Op	Of	Pe				
1	9.12	0	1	1	2	10	45.6	1.60
2	4.08	0	1	1	1	5	20.4	1.60
3	36	1	1	0	2	10	36	8.00
4	9.36	0	1	1	1	5	15.6	4.80
5	2.4	0	1	1	1	5	12	1.60
<b>Promedio</b>							25	3.52
<b>Desv. Estándar</b>							14.31	2.86

Para el encofrado de plástico se tiene un rendimiento de promedio de 25 m<sup>2</sup>/día, teniendo una desviación estándar de 9.19, un tiempo promedio de 4 horas y una desviación estándar de 2.68 que indica que existe una variación baja con respecto a las demás.

#### 6.4. ANÁLISIS DEL COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENCOFRADOS DE MADERA, METAL Y PLÁSTICO

Para analizar el costo de implementación de cada uno de los encofrados, se consideró el metrado solo de columnas. A continuación mostramos el cuadro de Metrado de columnas.

##### A. Cuadro de Valorización de columnas elaboradas con cada uno de los materiales evaluados

Para el análisis de la implementación en cada caso se realizó el análisis de costo unitario (Ver Anexo N° 16).

**TABLA 33 Valorización del encofrado de Madera**

Nº	Descripción	Área Total (m2)	MADERA P.U	Subtotal
1	C-1	9.12	39.45	359.78
2	C-2	4.08	39.45	160.96
3	C-3	36	39.45	1420.20
4	C-4	9.36	39.45	369.25
5	C-5	2.4	39.45	94.68
<b>Total</b>				<b>S/. 2,404.87</b>

**TABLA 34 Valorización del encofrado de Metal**

Nº	Descripción	Área Total (m2)	METAL P.U	Subtotal
1	C-1	9.12	39.74	362.43
2	C-2	4.08	39.74	162.14
3	C-3	36	39.74	1430.64
4	C-4	9.36	39.74	371.97
5	C-5	2.4	39.74	95.38
<b>Total</b>				<b>S/. 2,422.55</b>

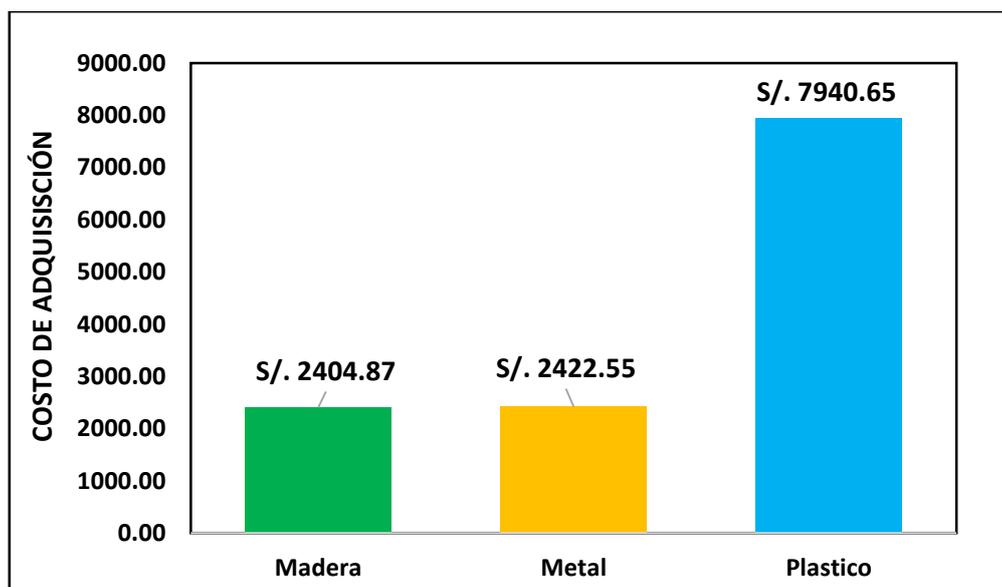
**TABLA 35 Valorización del encofrado de Plástico**

Nº	Descripción	Área Total (m2)	PLÁSTICO P.U	Subtotal
1	C-1	9.12	130.26	1187.97
2	C-2	4.08	130.26	531.46
3	C-3	36	130.26	4689.36
4	C-4	9.36	130.26	1219.23
5	C-5	2.4	130.26	312.62
<b>Total</b>				<b>S/. 7,940.65</b>

**TABLA 36 Resumen de presupuesto de inversión en cada caso de material utilizados**

Elementos	Madera Valor en Soles	Metal Valor en Soles	Plástico Valor en Soles
Columna	S/. 2,404.87	S/. 2,422.55	S/. 7,940.65

**GRAFICO 20 Valorización de implementación de encofrado de madera, metal y plástico en columnas**



El gráfico 20 muestra que la madera y el metal tienen una ligera diferencia, esta se debe al hecho que el encofrado metálico está siendo usado en obras civiles en Cusco aproximadamente unos 10 años en promedio por lo cual permite a los ejecutores de proyectos la combinación del encofrado de madera y metal disminuyendo su costo por que el metal tiene mayor número de usos en cuanto a la madera y el plástico, el plástico es el que tiene el mayor costo, esta diferencia en cuanto a los otros materiales se debe al hecho que el encofrado de plástico aun en el mercado local no está siendo comercializado

## **CAPÍTULO VII**

### **DISCUSIONES Y RESULTADOS**

El trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar y analizar las mejoras en la calidad de acabado, tiempo y costo reemplazando el encofrado de madera por los encofrados de metal y plástico; Cuál es la calidad del acabado en las columnas, vigas y losas con la utilización del encofrado en madera (Aguano), metálico LAF (Laminadas en frio) y plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), cuánto es el tiempo invertido en una obra de edificación utilizando los encofrado de madera, metálico LAF, plástico ABS y cuál será la diferencia de costos en los tres tipos de encofrados utilizados en edificaciones.

#### **DISCUSIONES:**

- Según **MOLINA J. Y TOLOZA M. 2008**, el trabajo monográfico tuvo como objetivo diseñar, construir y probar formaletas en acero para el levantamiento de muros y columnas en obras civiles por medio de técnicas de vaciado de concreto. Dicha monografía recopiló datos de los diferentes fabricantes de estos encofrados, los cuales facilitan los costos, rendimiento y tiempo de uso. Llegando a la conclusión de que las formaletas metálicas mano portantes disminuyen los costos en cuanto a; menor tiempo de construcción en la estructura, da calidad de acabados que no es necesario frisar o empañetar tanto en placas como en columnas y pantallas, estructuras livianas por la disminución de estos frisos, mayor seguridad en los encofrados. Por otro lado este encofrado no requiere de torre grúa porque su peso es de 27 kg aproximadamente por módulo de 1.20 X 0.60 siendo un peso de óptima maniobrabilidad.

De la investigación realizada con respecto al primer objetivo sobre la calidad de acabados se determinó a través de la observación de los elementos estructurales después del desencofrado que las caras de las columnas presentaron superficie lisa y regular, el trabajo investigación aplicó método estadístico no probabilista de Chi cuadrado donde se propuso una  $H_0$  (hipótesis nula) e  $H_1$  (hipótesis alterna). Donde la  $H_0$ ;

Plantea que los encofrados de metal y plástico ofrecen mejores acabados a los elementos estructurales e Hi; estos no ofrecen mejores acabados.

CRITERIOS	ENCOFRADO METAL				Total	$X^2$ Calculado
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO		
Grado de cangrejas	12	13	9	0	34	3.91
Desaplome del elemento	12	17	6	0	35	0.84
Alineamiento	16	14	5	0	35	0.23
Deformación del encofrado	17	15	3	0	35	1.24
Acabado visual	15	16	2	0	33	1.91
	72	75	25	0	172	8.13

Datos:

- $v: (5-1)(4-1) = 12$
- $e = 0.05$
- $p/v : 21.06$

$$X^2(\text{Calculado}) = 8.13 < X^2(\text{Tabla}) = 21.06$$

CRITERIOS	ENCOFRADO PLÁSTICO				Total	$X^2$ Calculado
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO		
Grado de cangrejas	9	15	3	0	27	8.59
Desaplome del elemento	13	10	2	0	25	1.23
Alineamiento	18	5	4	0	27	1.80
Deformación del encofrado	19	5	3	0	27	1.93
Acabado visual	16	4	3	0	23	1.81
Total	75	39	15	0	129	15.36

Datos:

- $v: (5-1)(4-1) = 12$
- $e = 0.05$
- $p/v : 21.06$

$$X^2(\text{Calculado}) = 15.36 < X^2(\text{Tabla}) = 21.06$$

Para ambos casos la Ho: fue mayor a la alterna por lo cual se acepta que los encofrados tanto de madera como plástico ofrecen mejores acabados hecho que se demostró a través de la observación directa en el proceso constructiva de edificios.



Acabado con encofrado metálico



Acabado con encofrado de plástico.

Con respecto al trabajo de MOLINA J. Y TOLOZA M., indica que los acabados con el encofrado metálico son calidad este resultado lo obtuvo a través de la observación directa, en cuanto a los resultados obtenidos para la calidad de acabados del encofrado metálico y ABS son mejores en comparación a los acabados del encofrado madera. Por lo cual se afirma el trabajo de MOLINA J. TOLOZA M.

- **GORDILLO C. (2014)** en su trabajo de investigación tuvo como objetivo investigar el uso alternativo de encofrados que no limiten la actividad productiva, como una solución para reducir tiempos de ejecución en obras civiles, para lo cual se analizó las características técnicas y económicas del sistema convencional de encofrado y las plataformas intermedias de trabajo, para determinar el rendimiento de los sistemas.

Así se podrá estimar costos de las horas hombres, materiales y equipos necesarios para su implementación.

ANÁLISIS DE ENCOFRADO CON EL USO DEL SISTEMA CONVENCIONAL											
Item	Descripción	Und.	Metrado total	Metrado por Juego	Cant. Elementos	Juegos por mes	m2 por mes	Metrado total			
								Costo por m2	Costo por mes	Meses	Costo total
1.00	ENCOFRADOS										
1.01	Muros	m2	2.194.75	813.92		1.00	830.00	46.10	38.263	1.00	38.263.00
1.02	Placas	m2	1.609.70	307.26		1.20	368.71	46.10	16.998	2.00	33.996.26
1.03	Cimbra Brb h=3.00m a más	m2	1.566.81		392.00	1.00	392.00	60.10	23.559	3.00	70.677.60
1.04	Losas	m2		322.60		2.00	645.20				

ANÁLISIS DE ENCOFRADO CON EL USO DEL SISTEMA BRIO Y PLATAFORMAS INTERMEDIAS											
Item	Descripción	Und.	Metrado total	Metrado por Juego	Cant. Elementos	Juegos por mes	m2 por mes	Metrado total			
								Costo por m2	Costo por mes	Meses	Costo total
1.00	ENCOFRADOS										
1.01	Muros	m2	2.194.75	813.92		1.00	830.00	46.10	38.263	1.25	47.828.75
1.02	Placas	m2	1.609.70	307.26		1.20	368.71	46.10	16.998	1.25	21.247.03
1.03	Cimbra Brío h=3.00m a más	m2	1.254.10		314.00	1.00	314.00	60.10	18.871	1.50	28.307.10
1.04	Plataformas intermedia de trabajo	m2		312.71	30.00	1.00	312.71	219.97	68.786	1.50	103.178.35
1.05	Losas	m2		1.566.81		1.00	1.566.81				

Según GORDILLO C. los precios unitarios que obtuvo son los siguientes: 70,667.68 para el caso del encofrado con plataformas intermedias se tiene 28,307.10 por lo cual se observa las plataformas intermedias metálicas tienen menor presupuesto.

Para el trabajo de investigación que se realizó se tiene los siguientes resultados:

Elementos	Madera Valor en Soles	Metal Valor en Soles	Plástico Valor en Soles
Columna	S/. 2,404.87	S/. 2,422.55	S/. 7,940.65

Con respecto a GORDILLO C. concluye su trabajo indicando que las plataformas intermedias reducen los costo de ejecución de obras debido a que estas estructuras no requieren de equipos especiales y son livianas permitiendo realizar actividades paralelas en dos niveles. Con los resultados obtenidos en la investigación se corrobora el hecho que los encofrados con materiales de metal y plástico a lo largo de su uso

generan mayores ganancias que el encofrado de madera que solo tendrá un uso de 7 a 10 veces dependiendo de su mantenimiento a diferencia del metal y plástico que tienen un número de usos de 500 veces como mínimo y 100 veces respectivamente

- Para **ORIBE Y. (2014)**, en su trabajo de investigación tuvo como objetivo investigar que tan costos y eficientes resulta el empleo de encofrados metálicos a diferencias de los convencionales en la construcción de edificios de la ciudad de Lima. Para lo cual recopiló datos de los distintos encofrados presentes en el mercado información dada por los fabricantes, luego visitó las diferentes obras con los encofrados utilizados cada obra visitada utiliza diferentes tipos de encofrados ejemplo ULMA, DOKA, PERI, EFCO, cada uno de estos fabricantes tiene elementos distintos para el encofrado y diferencia de precios en su adquisición, todos estos tipos de encofrado fueron comparados con el encofrado de madera para el tiempo trabajo en función a la eficiencia de cada material en obra obteniendo el siguiente resultado:

- Rendimiento encofrado de columnas de madera: 10 m<sup>2</sup>/día
- Rendimiento encofrado de columnas de acero: 15 m<sup>2</sup>/día

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

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

$$Acero = \frac{60 \text{ m}^2}{15 \text{ m}^2/\text{día}} = 4 \text{ días}$$

Para el trabajo de investigación realizado se obtuvo los siguientes resultados:

- Rendimiento encofrado de columnas de madera: 20 m<sup>2</sup>/día
- Rendimiento encofrado de columnas de metal: 22 m<sup>2</sup>/día
- Rendimiento encofrado de columnas de plástico: 24 m<sup>2</sup>/día

$$Madera = \frac{60 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{día}} = 3 \text{ días}$$

$$Metal = \frac{60 \text{ m}^2}{22 \text{ m}^2/\text{día}} = 2.7 \text{ días}$$

$$Plástico = \frac{60 \text{ m}^2}{22 \text{ m}^2/\text{día}} = 2.5 \text{ días}$$

Como se observa existe una diferencia en cuanto al rendimiento de cada uno de los materiales; para ORIBE Y. existe una diferencia de 2 días, para el caso del trabajo de investigación de existe una diferencia en un día entre la madera y el metal, plástico; y para el plástico es solo de dos horas con respecto al encofrado metálico. Se tiene una discrepancia entre los resultados obtenidos por ORIBE, esto se debe a la realidad de cada uno de los trabajos realizados, para las zonas calurosas el rendimiento es menor en cuanto a las zonas de sierra.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- En la Ciudad del Wanchaq se observa la combinación del sistema tradicional con encofrado metálico siendo registradas 32 obras con sistema mixto equivalente a 43 % y solo un 4% de obras utilizan puro encofrado en metal.

- En cuanto a los acabados, se obtuvo los siguientes resultados:

Encofrado de Madera:  $X^2(\text{Calculado})= 38.66 > X^2(\text{Tabla})=21.06$

Encofrado Metálico:  $X^2(\text{Calculado})= 8.13 < X^2(\text{Tabla})= 21.06$

Encofrado de Plástico:  $X^2(\text{Calculado})= 15.36 < X^2(\text{Tabla})= 21.06$

De los resultados se concluye lo siguiente; Los mejores acabados se obtienen con el encofrado de plástico y metal los errores en cuanto al nivel son mínimos y la superficie es lisa, esto permite deducir costo en cuanto a los enlucidos; si uno tarraja estas columnas tendrá un espesor de 1.5 cm en todo los lados de la columna en caso de la madera el volumen de material usado será más porque se va a corregir los errores de nivel en cada cara de las columnas y vigas para tener una superficie regular.

- Del análisis realizado en cuanto a los rendimientos se tiene los siguientes resultados:

Encofrado de Madera = 20 m<sup>2</sup>/día

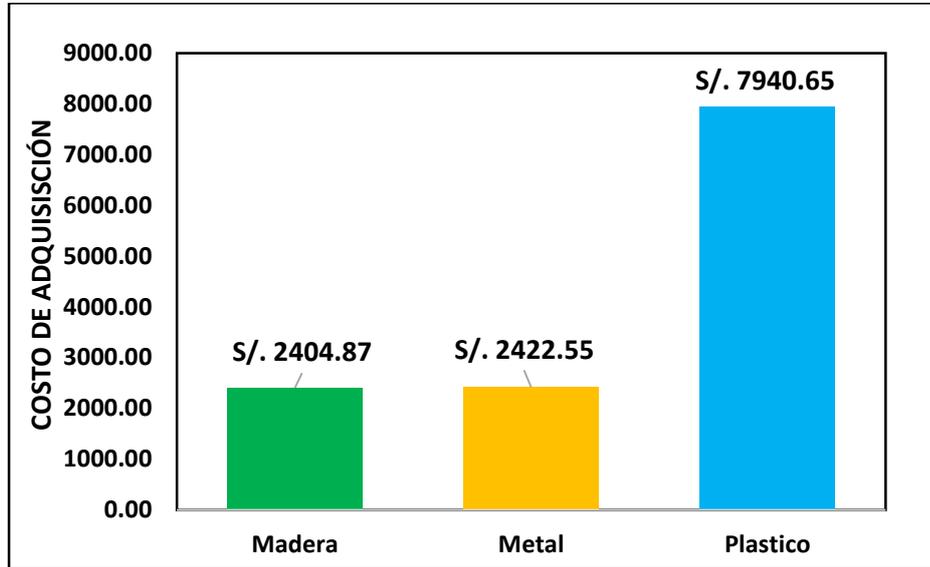
Encofrado Metálico = 24 m<sup>2</sup>/día

Encofrado de Plástico = 25 m<sup>2</sup>/día

Con cada uno de los materiales utilizados se determinó el rendimiento en los trabajos de encofrado; concluyendo que el encofrado de plástico por ser liviano y fácil de operación, tiene mayor rendimiento al día en comparación del metal y madera. Por otro lado el metal sigue al plástico con 24 m<sup>2</sup>/día. La madera requiere un día más para habilitar las formas por lo cual suma un día más al

tiempo invertido en obra para los trabajos de encofrado siendo una desventaja que conlleva a mayores costos en los trabajos.

- En cuanto a los costos obtenidos durante la evaluación se tiene los siguientes resultados:



Por lo cual se concluye lo siguiente; Los encofrados de plástico son los más costosos en comparación a los de metal y madera teniendo un costo de S/. 7,940.65 soles, Por otro lado el encofrado de metal y madera difieren en S/. 4,827.42 de esta diferencia podemos afirmar que el encofrado de madera y metal están al alcance de nuestro mercado local y por ende los costos de adquisición no difieren tanto en comparación al de plástico material que aún no es accesible y comercializado.

Estos costos de inversión para cada caso van a variar en cuanto al número de usos que se le dé a cada material: para el caso del metal este tiene un uso aproximado de 500; los cuales indican que se hará un solo gasto de adquisición al inicio, para luego solo dar mantenimiento costos que son minios, en cuanto al plástico este tendrá un uso de 100 y la madera solo tiene 7 usos por lo cual el precio de inversión incrementa a comparación de los otros materiales.

## RECOMENDACIONES

- No habiendo bibliografía suficiente en nuestra localidad sobre la influencia del encofrado en cuanto al tiempo y costos en las diferentes obras civiles, se espera que este trabajo sirva de base para futuras investigaciones.
- Realizar estudios comparativos del rendimiento de los encofrados de metal y plástico en otras obras como pavimentos, canales y reservorios.
- Evaluar el mantenimiento adecuado del encofrado metálico, para que su tiempo de uso mayor al que se propuso en este trabajo.
- Realizar estudios comparativos los distintos encofrados metálicos presentes en el mercado, para determinar sus diferencias y ventajas en cuanto a su uso en las obras de edificación.
- Plantear a los empresarios y maestros de obra que utilizan la madera; estos están de acuerdo en incorporar a sus obras poco a poco estos nuevos sistemas es por eso que se ve con frecuencia el uso de un sistema mixto de encofrado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANINK, D., BOONSTRA, C. Y MAK, J. (1993) *Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*, Londres.
- AYALA C.R., CHIMBO C.S., YAGUANA C.D., 2010 “Clasificación, utilización e importancia como elemento provisional en el área de la Construcción”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- CHAVEZ VARGAS GIOVANA P. (2014). “Estudio de la Gestión Ambiental para la prevención de impactos y monitoreo de las obras de construcción de Lima Metropolitana”.Pg.9.
- FABER M. F. (2009). “Plan de Negocios para la Adquisición de una Planta Móvil y Autónoma para la Recuperación de Polietileno de alta Densidad (PEAD) PARA Sab Miller- Bavaria” Universidad Javeriana, Bogota.
- MORENO GORDILLO C, (2014),”Comparación entre el Sistema Convencional de Encofrado y las Plataformas Intermedias de Trabajo; caso: Estación Presbítero Maestro”.
- NIENHUYS SJOERD (1972). “Diseño Construcción de Encofrado”, Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ORTEGA JUAREZ EDGAR O. (2012). ”La ingeniería y el cuidado al medio ambiente”, Universidad Autónoma de Puebla.
- ORIBE Y. “Análisis de Costo y Eficiencia del Empleo de Encofrado Metálico y Convencionales en la Construcción de Edificios en la Ciudad de Lima”.2014
- PEÑA AZNAR J. (1980). ”Estudio Sobre Encofrado de Madera Modernas”, Informes de la construcción Vol. 32 N°318,1980.
- RUEDA POVEDA, María C. y CAYAMA REINCON, Armando J., (2003) “Calculo del Encofrado de Elementos Estructurales de Concreto Armado en la Industria de la Construcción”, Maracaibo, Venezuela.
- SYMONDS, ARGUS, Cowi and Prc Bouwcentrum: «Construction and demolition waste management practices and their economic impacts», February 1999, DGXI, European Commission.
- MOLINA FONSECA J. y TOLOZA QUINTERO M. (2008). “METODOLOGIA DEL SISTMA CONSTRUCTIVO CON FORMALETA METALICA TIPO

MANOPORTABLE”, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.

- VERA GREGORY, “La Madera en la Ingeniería Civil”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, 2013, Pg.Nº01.
- FAO, 2016, “SITUACIONACTUAL DEL SECTOR FORESTAL”, recuperado de :<http://www.fao.org/docrep/007/j4024s/j4024s06.htm>
- ESPAÑA,2007, Plásticos Utilizados en la Construcción recuperado de
- GEOPLAST, “Encofrado modular para columnas cuadradas y rectangular”, Recuperada el 08 de Agosto de 2016 de:  
[http://www.geoplast.it/sites/default/files/catalogo\\_geotub\\_panel\\_es\\_1.pdf](http://www.geoplast.it/sites/default/files/catalogo_geotub_panel_es_1.pdf)
- GLOBAL CONTRUCCIONS SAS (2014) “Mejores Alternativas en Acabados” recuperado de [www.pvcglobalconstruccions.com](http://www.pvcglobalconstruccions.com)
- (1) CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION (2014) Manual de Moldajes Recuperado de  
[https://image.issuu.com/110322195302-36ec150be2ef45da8d9625a13476595f/jpg/page\\_8.jpg](https://image.issuu.com/110322195302-36ec150be2ef45da8d9625a13476595f/jpg/page_8.jpg)
- (2)PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA ESTRUCTURAL, recuperado de  
[http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_40\\_mecanicaEstructural.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf)
- 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)
- (3)ACRILONITRILO BUTADIENO EESTIRENO (ABS): DESCRIPCIÓN, PROPIEDADES Y APLICACIONES, recuperado de  
<http://www.quiminet.com/articulos/acrilonitrilo-butadieno-eEstireno-abs-descripcion-propiedades-y-aplicaciones-4433.htm>

# ANEXOS

## ANEXO 1. NÚMERO DE VIVIENDAS CENSADAS EN EL DISTRITO DE WHANCHA

**Tabla 1. Formato de Censo de Obras en Ejecución**

Nº	Edificaciones	Actividad	Encofrado			mixto		Observación
			Madera	Metal	Plástico	Mad/Metal	Mad/Plast.	
1	Av. Manco Capac # 435	Columnas	x					
2	AA. HH. Vallecito A-29	Columnas	x					
3	Colegio Chachacomayoc	Columnas	x					
4	Av Huayruropata 1600	Columnas		x	x		x	Inmobiliaria "AR"
5	Jirón Justitia A-14	Columnas	x					
6	Av. Infancia	Columnas				x		
7	Av. Primavera 440	Columnas				x		
8	Av. Velasco Astete D-7	Columnas		x				Inmobiliaria "ESPACIO"
9	AA. HH. Vallecito A-26	Columnas	x					
10	Pasj. Amauta P2-6	Columnas				x		
11	Pasj. Cusco N2-11	Columnas	x					
12	Jr. Ica J-21	Columnas	x					
13	Jr. Anta A-12	Columnas	x					
14	Jr. Acomayo C-3	Columnas				x		
15	Psj. San Francisco	Columnas	x					
16	Jr. Libertad L-32-B	Columnas	x					
17	Jr. Calca I-17	Columnas	x					
18	Jr. Los Kantus D-6	Columnas				x		
19	Urb. La Florida K-3	Columnas	x					
20	Pasj. Angamos Q-7	Columnas	x					
21	Santa Beatriz F-5	Columnas				x		
22	Parque Industrial B-7	Columnas	x					
23	Parque Industrial I-3	Columnas	x					
24	AV. Republica K-6	Columnas				x		
25	Urb. Jose Carlos Mariategui	Columnas						
26	Av. Los libertadores B1-4	Columnas	x					
27	Av. República de Venezuela LH-7	Losa	x					
28	Av. Manco Capac # 440	Losa	x					
29	Av. Huayruropata 1640-A	Losa				x		
30	Av Tomasa Tito Condemayta	Losa	x					
31	Jiron la convension	losa				x		
32	Urb. Las begonias B-1	Losa	x					

33	Av. Velasco Astete F-8	Losa		x				
34	AA.HH. Vallecito A-22	Losa	x					
35	Calle Koricancha A-2-23	Losa	x					
36	Pasj. Indoamericana	Losa	x					
37	Pasj. Amauta O-20	Losa				x		
38	Pasj. Ayacucho R2-14	Losa	x					Inmobiliaria "ARQUIANDEM"
39	Av. Jorge Chávez C3-13	Losa	x					
40	Pasj. Palmeras Z2-8	Losa				x		
41	Urb. Reyna de Belen A-4	Losa				x		
42	Pasj. Unión B2-5	Losa	X					
43	Av. Infancia 412	Losa				x		
44	Jr.Libertad H-17	Losa				x		
45	Jr. Urcos A-8	Losa				x		
46	Jr Juesticia I-8	Losa	x					
47	Jr. Estinar I-1	Losa	x					
48	Jr. Acomayo C-21-20	Losa		x				inmobiliaria "EL EDEM"
49	Los Cipreces	Losa				x		
50	Jr. Los Sauces	Losa				x		
51	Av. Qosqo X-21	Losa				x		
52	Calle los diametantes A-D-7	Losa				x		
53	Calle Agua Marina D-14	Losa				x		
54	Calle San Formc -Kenedi	Losa				x		
55	Calle Huamantiana S/N	Losa				x		
56	Urb. Los sauces G-6	Losa				x		
57	APV. Los Jardines B-6	Losa				x		
58	C.H. Cahuide A-5	Losa	x					
59	Urb. San Teresa D-6	Losa				x		
60	Pasj. Villa el Periodista D-4	Losa	x					
61	Jirón Combapata s-6	Viga	x					
62	Pasj. Unión B2-11	Viga	x					
63	Covicec A-14	Viga				x		
64	Urb. Alamos C-11	Viga	x					
65	Pasj. Amauta O-16	Viga	x					
66	Pasj. San Martin de Porras X2-16	Viga				x		
67	Urb. Reyna de Belén C-2	Viga	x					
68	Calle San Francisco A-14	Viga				x		
69	Parq. Quispincanachi A-16	Viga				x		
70	Av. Qosqo - San Judas A-20	Viga				x		
71	Calle Brillantes B-38 Kenedy A	Viga	x					
72	Urb. José Carlos Mariátegui B-2-A	Viga				x		
73	Av. Costanera Z-18	Viga	x					
<b>Total</b>			37	3	2	31		

## **ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA**

### **UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FILIAL - CUSCO**

**ENCUESTA PARA EL ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DE ENCONFRADOS EN; MADERA (AGUANO), METAL LAF (ACERO LAMINANO AL FRÍO) Y PLÁSTICO ABS (ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO) UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIOS EN EL DISTRITO DE WANCHAQ - CUSCO, 2016.**

#### **I. IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO**

**1. Tipo de**

**Obra.....Empresa.....**

**2. Tipo de encofrado usado en Obra**

- Madera ( )
- Metal ( )
- Plástico ( )

**4. Número de Usos**

- Madera ( )
- Metal ( )
- Plástico ( )

#### **II. EVALUCACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADO**

**Número de personal necesario**

- a) Operario ( )
- b) Oficial ( )
- c) Peón ( )

##### **A. CALIDAD EN LOS ACABADOS**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

##### **B. RESISTENCIA A IMPACTO**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

##### **C. COMPORTAMIENTO FRENTE A ACCIONES CLIMATICAS (LLUVIA-SOL)**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

##### **D. COMPLEJIDAD DE USO**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**E. CAPACITACION**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**F. AJUSTE A DIMENSIONES NECESARIAS**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**G. FLEXIBILIDAD AL MOMENTO DE ELABORAR LAS FORMAS**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**H. CONTROL DE CALIDAD**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**I. FACILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**J. FACILIDAD DE TRANSPORTE**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**K. RENDIMIENTO EN MONTAJE**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**L. CUIDADO EN EL MONTAJE**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**M. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

**N. REQUIERE MAYOR USO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS**

1. Madera : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
2. Metal : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )
3. Plástico : Alta ( ); Media ( ); Baja ( )

## ANEXO 3. HOJAS DE COTIZACIÓN DE COTIZACIÓN DE LOS ENCOFRADOS

### A. ENCOFRADO METÁLICO EFCO



**OFERTA ECONÓMICA**

**ITEM 1: ENCOFRADO DE 01 COLUMNA 0.25x0.40x2.40 – CON PANEL MANUAL HEF**

1. Equipo de **Paneles Manuales Hand-E-Form EFCO** y accesorios que incluyen grapas, pasadores, tensores de platina recuperables (en venta), puntales de aplome, herramientas útiles para encofrar y desencofrar, así como andamio tipo pie de amigo para vaciado y vibrado.
2. El equipo descrito será destinado para encofrar 01 columna de 0.25m. x 0.40m. se sección.
3. Con altura 2.40m.
4. El cliente deberá proporcionar un sistema de andamiaje para trabajos en altura.
5. El rendimiento estimado en rotación es 50 a 60 m2 por pareja (01 operario + 01 ayudante); se incrementa en un 60% con el uso de grúa.

Cotización el Alquiler: Paneles + Accesorios Reacondicionados:

Área aprox. de encofrado de muros	:3.12 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 28.02+ I.G.V. (Mínimo 30 días)
Alquiler Mensual	:US\$ 87.42 + I.G.V.

Cotización el Venta: Paneles Nuevos + Accesorios Reacondicionados:

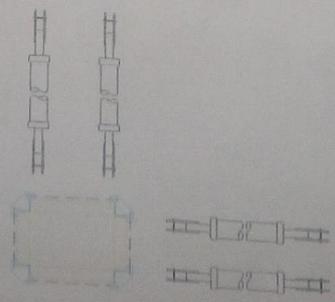
Área aprox. de encofrado de muros	:3.12 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 732.58+ I.G.V.
Alquiler Mensual	:US\$ 2,285.65 + I.G.V.

Cotización el Venta: Paneles + Accesorios Reacondicionados:

Área aprox. de encofrado de muros	:3.12 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 708.30+ I.G.V.
Alquiler Mensual	:US\$ 2,209.90 + I.G.V.

Consumibles: Tensores Recuperables en Venta:

- 08 Tensores x 250mm. :US\$ 6.88 + I.G.V.
- 08 Tensores x 400mm. :US\$ 11.52 + I.G.V.





## ITEM 2: ENCOFRADO DE 01 COLUMNA 0.30x0.50x2.40 – CON PANEL MANUAL HEF

1. Equipo de **Paneles Manuales Hand-E-Form EFCO** y accesorios que incluyen grapas, pasadores, tensores de platina recuperables (en venta), puntales de aplome, herramientas útiles para encofrar y desencofrar, así como andamio tipo pie de amigo para vaciado y vibrado.
2. El equipo descrito será destinado para encofrar 01 columna de 0.30m. x 0.50m. se sección.
3. Con altura 2.40m.
4. El cliente deberá proporcionar un sistema de andamiaje para trabajos en altura.
5. El rendimiento estimado en rotación es 50 a 60 m2 por pareja (01 operario + 01 ayudante); se incrementa en un 60% con el uso de grúa.

### Cotización el Alquiler: Paneles + Accesorios Reacondicionados:

Área aprox. de encofrado de muros	:3.84 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 24.22+ I.G.V. (Mínimo 30 días)
Alquiler Mensual	:US\$ 93.00 + I.G.V.

### Cotización el Venta: Paneles Nuevos + Accesorios Reacondicionados:

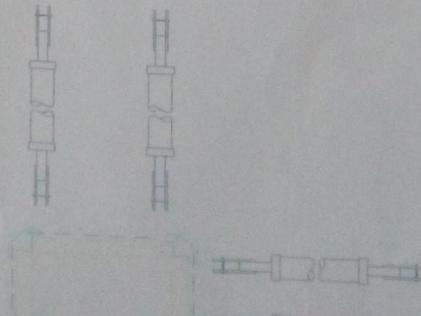
Área aprox. de encofrado de muros	:3.84 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 635.45+ I.G.V.
Alquiler Mensual	:US\$ 2,440.13 + I.G.V.

### Cotización el Venta: Paneles + Accesorios Reacondicionados:

Área aprox. de encofrado de muros	:3.84 m2
Alquiler x 30días x m2	:US\$ 612.11+ I.G.V.
Alquiler Mensual	:US\$ 2,350.50 + I.G.V.

### Consumibles: Tensores Recuperables en Venta:

• 08 Tensores x 300mm.	:US\$ 8.32 + I.G.V.
• 08 Tensores x 500mm.	:US\$ 14.16 + I.G.V.





**ANEXO 4. HOJAS DE CALCULO DE CALIDAD, TIEMPO Y COSTO**

**Tabla 2. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Madera**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Frecuencia Teórica			x2 Teórico			Total	
		Alto	Medio	Bajo		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Integridad	Cantidad de usos	0	11	7	18	6.80	7.20	4.00	6.80	2.01	2.25	11.06	
	Resistencia	2	14	2	18	6.80	7.20	4.00	3.39	6.42	1.00	10.81	
	Acciones climáticas	agua	0	0	18	18	6.80	7.20	4.00	6.80	7.20	49.00	63.00
		sol	0	5	13	18	6.80	7.20	4.00	6.80	0.67	20.25	27.72
Seguridad	Complejidad de uso	6	12	0	18	6.80	7.20	4.00	0.09	3.20	4.00	7.29	
	Capacitación	16	2	0	18	6.80	7.20	4.00	12.45	3.76	4.00	20.20	
	Grado de inflamabilidad	17	1	0	18	6.80	7.20	4.00	15.30	5.34	4.00	24.64	
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	14	4	0	18	6.80	7.20	4.00	7.62	1.42	4.00	13.05	
	Constructiva	13	5	0	18	6.80	7.20	4.00	5.65	0.67	4.00	10.33	
Acciones Indirectas	Contaminación	0	18	0	18	6.80	7.20	4.00	6.80	16.20	4.00	27.00	
Total		68	72	40	180				71.7	46.9	96.5	<b>215.1</b>	

**Tabla 3. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Metal**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Frecuencia Teórica			x2 teórico			Total	
		Alto	Medio	Bajo		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Integridad	Cantidad de usos	18	0	0	18	5.10	4.50	8.40	32.63	4.50	8.40	45.53	
	Resistencia	18	0	0	18	5.10	4.50	8.40	32.63	4.50	8.40	45.53	
	Acciones climáticas	agua		13	5	18	5.10	4.50	8.40	5.10	16.06	1.38	22.53
		sol	15	3	0	18	5.10	4.50	8.40	19.22	0.50	8.40	28.12
Seguridad	Complejidad de uso	0	7	11	18	5.10	4.50	8.40	5.10	1.39	0.80	7.29	
	Capacitación	0	14	4	18	5.10	4.50	8.40	5.10	20.06	2.30	27.46	
	Grado de inflamabilidad	0	0	18	18	5.10	4.50	8.40	5.10	4.50	10.97	20.57	
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	0	2	16	18	5.10	4.50	8.40	5.10	1.39	6.88	13.37	
	Constructiva	0		18	18	5.10	4.50	8.40	5.10	4.50	10.97	20.57	
Acciones Indirectas	Contaminación	0	6	12	18	5.10	45.00	8.40	5.10	33.80	1.54	40.44	
		51	45	84	180				120.18	91.19	60.05	<b>271.41</b>	

**Tabla 4. Cálculos del coeficiente de Contingencia para la funcionalidad de la Plástico**

Factores		Comportamiento de sistema			Total	Frecuencia Teórica			x2 Teórico			Total	
		Alto	Medio	Bajo		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Integridad	Cantidad de usos	7	11	0	18	5.4	5.3	7.3	0.47	6.13	7.30	13.90	
	Resistencia	15	3	0	18	5.4	5.3	7.3	17.07	1.00	7.30	25.36	
	Acciones climáticas	agua	18	0	0	18	5.4	5.3	7.3	29.40	5.30	7.30	42.00
		sol	14	4	0	18	5.4	5.3	7.3	13.70	0.32	7.30	21.32
Seguridad	Complejidad de uso	0	5	13	18	5.4	5.3	7.3	5.40	0.02	4.45	9.87	
	Capacitación	0	6	12	18	5.4	5.3	7.3	5.40	0.09	3.03	8.52	
	Grado de inflamabilidad	0	7	11	18	5.4	5.3	7.3	5.40	0.55	1.88	7.82	
Flexibilidad	Ajuste a dimensiones	0	6	12	18	5.4	5.3	7.3	5.40	0.09	3.03	8.52	
	Constructiva	0	2	16	18	5.4	5.3	7.3	5.40	2.05	10.37	17.82	
Acciones Indirectas	Contaminación	0	9	9	18	5.4	5.3	7.3	5.40	2.58	0.40	8.38	
		54	53	73	180				93.04	18.13	52.34	<b>163.51</b>	

**Tabla 5. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de madera.**

Criterios	Comportamiento			Total	Frecuencia Teórica			x2 teórico			Total
	alta	media	baja		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	
Reusó de las formas	0	7	10	17	5.72	9.40	1.88	5.72	0.61	35.08	41.41
Facilidad de transporte	0	15	3	18	6.06	9.95	1.99	6.06	2.56	0.51	9.13
Facilidad de almacenamiento	0	9	8	17	5.72	9.40	1.88	5.72	0.02	19.93	25.66
Cuidados en la manipulación	5	13	0	18	6.06	9.95	1.99	0.18	0.93	1.99	3.11
Cantidad de mano de obra	4	12	0	16	5.38	8.85	1.77	0.36	1.12	1.77	3.25
Calidad de mano de obra	6	12	0	18	6.06	9.95	1.99	0.00	0.42	1.99	2.41
Rendimiento de montaje	1	13	2	16	5.38	8.85	1.77	3.57	1.95	0.03	5.55
Cuidado en el montaje	12	6	0	18	6.06	9.95	1.99	5.83	1.57	1.99	9.39
Control de calidad	9	8	0	17	5.72	9.40	1.88	1.88	0.21	1.88	3.97
Elementos que necesitan mantenimiento	13	5	0	18	6.06	9.95	1.99	7.96	2.46	1.99	12.41
Frecuencia de mantenimiento	10	7	0	17	5.72	9.40	1.88	3.20	0.61	1.88	5.69
Necesidad de especificaciones técnicas	10	8		18	6.06	9.95	1.99	2.57	0.38	1.99	4.94
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>115</b>	<b>23</b>	<b>208</b>				<b>43.04</b>	<b>12.86</b>	<b>71.03</b>	<b>126.92</b>

**Tabla 6. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de metal.**

Criterios	Comportamiento			Total	Frecuencia Teórica			x2 teórico			Total
	Alta	Media	Baja		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	
Reusó de las formas	10	6	0	16	7.69	7.62	0.69	0.69	0.34	0.69	1.73
Facilidad de transporte	4	14	0	18	8.65	8.57	0.78	2.50	3.44	0.78	6.73
Facilidad de almacenamiento	7	10	0	17	8.17	8.09	0.74	0.17	0.45	0.74	1.35
Cuidados en la manipulación	0	13	3	16	7.69	7.62	0.69	7.69	3.81	7.69	19.19
Cantidad de mano de obra	0	12	6	18	8.65	8.57	0.78	8.65	1.38	35.00	45.03
Calidad de mano de obra	15	3	0	18	8.65	8.57	0.78	4.65	3.62	0.78	9.05
Rendimiento de montaje	10	7	0	17	8.17	8.09	0.74	0.41	0.15	0.74	1.29
Cuidado en el montaje	12	6	0	18	8.65	8.57	0.78	1.29	0.77	0.78	2.84
Control de calidad	9	8	0	17	8.17	8.09	0.74	0.08	0.00	0.74	0.82
Elementos que necesitan mantenimiento	13	5	0	18	8.65	8.57	0.78	2.18	1.49	0.78	4.45
Frecuencia de manteamiento	10	7	0	17	8.17	8.09	0.74	0.41	0.15	0.74	1.29
Necesidad de especificaciones técnicas	10	8		18	8.65	8.57	0.78	0.21	0.04	0.78	1.03
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>9</b>	<b>208</b>				<b>28.95</b>	<b>15.63</b>	<b>50.22</b>	<b>94.80</b>

**Tabla 7. Cálculos del coeficiente de Contingencia para las técnicas aplicado en el encofrado de plástico.**

Criterios	Comportamiento			Total	Frecuencia Teórica			x2 teórico			Total
	Alta	Media	Baja		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	
Reusó de las formas	4	13	0	17	6.98	7.97	2.05	1.27	3.18	2.05	6.51
Facilidad de transporte	13	5	0	18	7.39	8.43	2.17	4.26	1.40	2.17	7.83
Facilidad de almacenamiento	14	4	0	18	7.39	8.43	2.17	5.91	2.33	2.17	10.41
Cuidados en la manipulación	0	12	3	15	6.16	7.03	1.81	6.16	3.52	0.78	10.45
Cantidad de mano de obra	0	7	9	16	6.57	7.50	1.93	6.57	0.03	25.85	32.45
Calidad de mano de obra	15	3	0	18	7.39	8.43	2.17	7.83	3.50	2.17	13.51
Rendimiento de montaje	14	3	0	17	6.98	7.97	2.05	7.06	3.10	2.05	12.21
Cuidado en el montaje	6	12	0	18	7.39	8.43	2.17	0.26	1.51	2.17	3.94
Control de calidad	7	10	0	17	6.98	7.97	2.05	0.00	0.52	2.05	2.57
Elementos que necesitan mantenimiento	3	10	5	18	7.39	8.43	2.17	2.61	0.29	3.67	6.57
Frecuencia de mantenimiento	5	8	4	17	6.98	7.97	2.05	0.56	0.00	1.85	2.41
Necesidad de especificaciones técnicas	4	10	4	18	7.39	8.43	2.17	1.56	0.29	1.53	3.38
Total	85	97	25	207				44.05	19.66	48.54	112.25

**Tabla 8. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de madera en columnas**

N	Vivienda	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cant.	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla		N Cuadrilla	Colum/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
								OP	Of					
1	AA. HH. Vallecito A-29	0.25	0.5	2.3	3.45	12	41.4	1	1	2	6	20.70	16.00	2.00
2	Jr. Ica J-21	0.25	0.6	2.3	3.91	15	58.65	1	1	2	6	23.46	20.00	2.50
3	Psj. San Francisco	0.25	0.5	2.2	3.3	11	36.3	1	1	2	6	19.80	14.67	1.83
4	AA. HH. Vallecito A-26	0.25	0.4	2.3	2.99	9	26.91	1	1	2	6	17.94	12.00	1.50
5	Jiron Justia A-14	0.25	0.5	2.25	3.375	9	30.375	1	1	2	6	20.25	12.00	1.50
6	Jr. Calca I-17	0.25	0.4	2.3	2.99	15	44.85	1	1	2	6	17.94	20.00	2.50
7	Urb. La Florida K-3	0.3	0.6	2.3	4.14	6	24.84	1	1	1	3	12.42	16.00	2.00
8	Av. Manco Capac # 435	0.25	0.7	2.25	4.275	12	51.3	1	1	2	6	25.65	16.00	2.00
9	Colegio Chachacomayoc	0.3	0.7	2.5	5	21	105	1	1	3	9	45.00	18.67	2.33
10	Jiron Justicia A-16	0.25	0.4	2.2	2.86	12	34.32	1	1	2	6	17.16	16.00	2.00
11	Jr. Anta A-12	0.2	0.5	2.3	3.22	12	38.64	1	1	1	3	9.66	32.00	4.00
12	Av. Los libertadores B1-4	0.25	0.6	2.25	3.825	9	34.425	1	1	1	3	11.48	24.00	3.00
13	Pasj. Angamos Q-7	0.25	0.5	2.25	3.375	6	20.25	1	1	2	6	20.25	8.00	1.00

**Tabla 9. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Metal Obra I**

N	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área	Cantidad	Área Total (m2)	Cuadrilla			N Cuadrilla	Colum/día	Rendimiento m2/día	Tiempo (días)
								Op	Of	Pe				
	<b>Columnas</b>													
1	C-1	0.3	0.5	2.25	3.6	12	43.2	1	1	0	2	8	28.8	1.5
2	C-2	0.25	0.7	2.25	4.275	2	8.55		1	1	1	4	17.10	0.5
3	C-3	0.25	0.6	2.25	3.825	2	7.65		1	1	1	4	15.30	0.5
4	C-3'	0.25	0.6	2.25	3.825	4	15.3		1	1	1	4	15.30	1.0
5	C-4	0.25	0.4	2.25	2.925	2	5.85		1	1	1	4	11.70	0.5
6	C-5	0.4	0.5	2.25	4.05	2	8.1		1	1	1	4	16.2	0.5
7	C-6	0.3	0.3	2.25	2.7	2	5.4		1	1	1	4	10.8	0.5
8	<b>Placas</b>													
9	P-1	0.2	4.8	2.25	22.5	2	45	1	1	1	2	2	45	1
10	P-2	0.2	1.5	2.25	7.65	2	15.3		1	1	1	1	7.65	2
11	P-3	0.2	4.9	2.25	22.95	1	22.95	1	1		1	1	22.95	1
12	P-4	0.2	4.77	2.25	22.365	1	22.365	1	1	1	1	2	44.73	0.5
13	P-5	0.2	5.5	2.25	25.65	2	51.3	1	1		2	2	51.3	1

**Tabla 10. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Metal Obra II**

	Vivienda	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla			N Cuadrilla	Colum/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (días)
								Op	Of	Pe				
	Columnas													
1	C-1	0.3	0.5	2.2	3.52	12	42.24	1	1	1	2	6	21.12	2
2	C-2	0.25	0.7	2.2	4.18	2	8.36	1	1		1	3	12.54	0.7
3	C-3	0.25	0.6	2.2	3.74	2	7.48		1	1	1	3	11.22	0.7
4	C-3'	0.25	0.6	2.2	3.74	6	22.44	1	1		2	6	22.44	1
5	C-4	0.25	0.4	2.2	2.86	3	8.58		1	1	1	3	8.58	1
6	C-5	0.4	0.5	2.2	3.96	2	7.92		1	1	1	3	11.88	0.7
7	C-6	0.3	0.3	2.2	2.64	2	5.28		1	1	1	3	7.92	0.7
8	Placas													
9	P-1	0.2	4.8	2.2	22	2	44.0	1	1		3	2	44	1
10	P-2	0.2	1.5	2.2	7.48	2	14.96		1	1	1	2	14.96	1
11	P-3	0.2	4.9	2.2	22.44	1	22.44	1	1		1	2	44.88	0.5
12	P-4	0.2	4.77	2.2	21.868	1	21.87	1	1		1	2	43.736	0.5
13	P-5	0.2	5.5	2.2	25.08	2	50.16	1	1	1	2	2	50.16	1

**Tabla 11. Cálculos del Rendimiento y Tiempo en la elaboración del encofrado de Plástico**

N	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cuadrilla			N Cuadrilla	Columna/día	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
								Op	Of	Pe					
1	C-1	0.25	0.7	2.4	4.56	2	9.12		1	1	2	10	45.6	1.60	0.2
2	C-2	0.25	0.6	2.4	4.08	1	4.08		1	1	1	5	20.4	1.60	0.2
3	C-3	0.25	0.5	2.4	3.6	10	36	1	1		2	10	36.0	8.00	1
4	C-4	0.25	0.4	2.4	3.12	3	9.36		1	1	1	5	15.6	4.80	0.6
5	C-5	0.25	0.25	2.4	2.4	1	2.4		1	1	1	5	12	1.60	0.2

**Tabla 12. Metrado de Madera en Columna con encofrado de madera**

Columna Encofrado Madera de (0.25x0.5x3.0m)=4.5 m2 área = 3.6m2												
Elementos	DESCRIPCION	Sección (A)		LONGITUD		Cantidad de elementos ( c )	pie2 $\left(\frac{AxBxC}{12}\right)=$	DESPERDICIOS		N° Usos (G)	$\frac{\phi 2}{N^{\circ} Usos}$ (H=E/G)	$\frac{\phi 2}{U.M}$ (H/U.M)
				M.L	PIES PIES (B)			Madera10% (Dx 1.10)=E				
	columna Típica					1						
1(a)	tablones	1 1/2	8	3.00	9.84	6	59.06	64.96		7	9.28	2.062
1(b)	tablones	1 1/2	10	3.00	9.84	2	24.61	27.07		7	3.87	0.859
8	Listones	2	3	0.90	2.95	14	20.67	22.74		7	3.25	0.722
4	Listones	2	3	0.70	2.30	14	16.08	17.68		7	2.53	0.561
3	Pie derechos	2	3	2.70	8.86	4	17.72	19.49		10	1.95	0.433
4	Estaca	3	3	0.45	1.48	4	4.43	4.87		4	1.22	0.271
<b>TOTAL</b>												4.91
Elementos	DESCRIPCION	Sección (A)		LONGITUD		Cantidad de elementos ( c )	Clavos alambre .etc kg (D)	DESPERDICIOS		N° Usos (G)	$\frac{\phi 2}{N^{\circ} Usos}$ (H=E/G)	$\frac{\phi 2}{U.M}$ (H/U.M)
				M.L	PIES PIES (B)			Madera10% (Dx 1.10)=E	Clavos Alambre 15% (Dx1.15)=F			
												típico
3.6	alambre n # 8			11.40	37.40		1.25		1.44	1	1.44	0.3
3.6	clavos 3"					260	1.44		1.66	2	0.83	0.17

**Tabla 13. Metrado de Columna con encofrado de Metal**

Columna Encofrado Metal de (0.25x0.5x3m)= 4.5 m2									
Elementos	DESCRIPCION	Sección (A)	LONGITUD		Cantidad de elementos (c)	(Axbxc)	φ2/ (N° Usos)	φ2/ (U.M)	N° USOS G
			M.L	M2 elemento (B)					
columna Típica									
1	Panel metálico (0.25X2.40 m)	0.25	2.40	0.60	2	1.20	0.005	0.0011	500
2	Panel metálico (0.5 0X2.40 m)	0.50	2.40	1.20	2	2.40	0.010	0.0021	500
					TOTAL			0.0032	

**Tabla 14. Metrado de Columna con encofrado de Plástico**

Columna Encofrado Metal de (0.25x0.5x3m)=3.45 m2 area = 3.6m2									
Elementos	DESCRIPCION	Sección (A)	LONGITUD		Cantidad de elementos (c)	(Axbxc)	φ2/ (N° Usos)	φ2/ (U.M)	N° Usos (G)
			M.L	M2 elemento (B)					
Columna Típica									
1	panel plástico	0.25	0.60	0.15	8	1.2	0.012	0.003	100
2	panel plástico	0.50	0.60	0.30	8	2.4	0.024	0.005	100
					TOTAL			0.008	

**Tabla 15. Metrado de Madera en Columna con encofrado de Metal**

Columna Encofrado Metal de (0.25x0.5x2.3m)= 3.5 m2							
Ítem	DESCRIPCION	Cantidad de elementos	Costo de adquisición		Numero de usos según experiencia	Costo de depreciación	
			Parcial	Total		Depreciación por columna	Depreciación por m2
	<b>columna Típica</b>						
1	Panel metálico (0.25X2.40 m)	2	S/. 600.00	S/. 1,200.00	500	S/. 2.40	S/. 0.69
2	Panel metálico (0.5 0X2.40 m)	2	S/. 850.00	S/. 1,700.00	500	S/. 3.40	S/. 0.97
3	Grapas	48	S/. 6.80	S/. 326.40	500	S/. 0.65	S/. 0.19
5	Mordazas o tensores	16	S/. 34.00	S/. 544.00	500	S/. 1.09	S/. 0.31
6	Ángulos exteriores	4	S/. 120.00	S/. 480.00	500	S/. 0.96	S/. 0.27
7	Alineadores (1 ml)	4	S/. 75.00	S/. 300.00	500	S/. 0.60	S/. 0.17
8	Alineadores ( 0.60 ml)	4	S/. 35.00	S/. 140.00	500	S/. 0.28	S/. 0.08
9	Puntales aplomadores	4	S/. 300.00	S/. 1,200.00	500	S/. 2.40	S/. 0.69
10	Varilla roscada	8	S/. 12.00	S/. 96.00	500	S/. 0.19	S/. 0.05
11	Tuerca copa	8	S/. 13.00	S/. 104.00	500	S/. 0.21	S/. 0.06
<b>Costo total</b>				<b>S/. 6,090.40</b>		<b>S/. 12.18</b>	<b>S/. 3.48</b>

**Tabla 16. Metrado de Madera en Columna con encofrado de Plástico**

Columna Encofrado Plástico de (0.25x0.5x2.3m)= 3.5 m2							
Ítem	DESCRIPCION	Cantidad de elementos	Costo de adquisición		Numero de usos según experiencia	Costo de depreciación	
			Parcial	Total		Depreciación por columna	Depreciación por m2
	<b>columna Típica</b>						
1	Panel plástico (0.25X2.40 m)	2	S/. 500.00	S/. 1,000.00	100	S/. 10.00	S/. 2.86
2	Panel Plástico (0.5 0X2.40 m)	2	S/. 700.00	S/. 1,400.00	100	S/. 2.80	S/. 0.80
7	Manillas	4	S/. 25.00	S/. 100.00	100	S/. 0.20	S/. 0.06
8	Distanciadores	4	S/. 35.00	S/. 140.00	100	S/. 0.28	S/. 0.08
9	Puntales aplomadores	4	S/. 250.00	S/. 1,000.00	100	S/. 2.00	S/. 0.57
9	Elementos de unión	24	S/. 6.80	S/. 163.20	100	S/. 0.33	S/. 0.09
10	Varilla roscada	8	S/. 12.00	S/. 96.00	100	S/. 0.19	S/. 0.05
11	Tuerca copa	8	S/. 13.00	S/. 104.00	100	S/. 0.21	S/. 0.06
<b>Costo total</b>				<b>S/. 4,003.20</b>		<b>S/. 16.01</b>	<b>S/. 4.57</b>

**Tabla 17. Salario con beneficios sociales**

TABLA SALARIAL CON BENEFICIOS SOCIALES			
REGIMEN DE CONSTRUCCION CIVIL			
(Del 01-06-2016 al 31-05-2017)			
CONCEPTO	CATEGORIA		
	OPERARIO	OFICIAL	PEON
JORNAL BASICO	61.4	50.3	44.9
DESCANSO SEMANAL OBLIGATORIO	10.23	8.38	7.48
BUC 32%	19.65	15.09	13.48
BONIFICACION POR MOVILIDAD	7.2	7.2	7.2
INDENMIZACION 15%	9.21	7.55	6.74
VACACIONES 10%	6.14	5.03	4.49
GRATIFICACIONES FIESTAS PATRIAS	11.7	9.58	8.55
B EXTRAORDINARIA LEY 293512	1.05	0.86	0.77
<b>TOTAL BRUTO</b>	<b>126.58</b>	<b>103.99</b>	<b>93.61</b>
<b>COSTO HORA HOMBRE (HH)</b>	<b>15.82</b>	<b>13.00</b>	<b>11.70</b>

**Tabla 18. Análisis de Costo Unitario de la Madera**

Encofrado y Desencofrado de columnas						
Rendimiento: m2/día	20	Costo por m2=				<b>39.45</b>
Mano de Obra		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
	Operario	HH.	1	0.40	15.82	6.33
	Oficial	HH.	1	0.40	13	5.20
	Peón	HH.	1	0.40	11.7	4.68
Equipos						
	Herramientas Manuales	% M.O		3	16.21	0.49
Materiales						
	Alambre negro # 8	kg		0.3	3.5	1.05
	Clavo de para madera con cabeza de 3"	kg		0.17	3.5	0.60
	Madera nacional	p2		4.91	4.3	21.11

**Tabla 19. Análisis de Costo Unitario del encofrado de Metal**

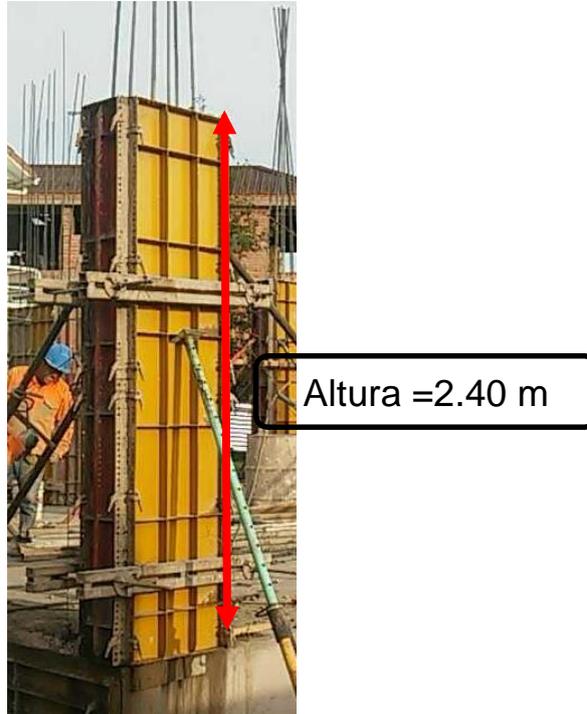
Encofrado y Desencofrado Metálico columna						
Rendimiento: m2/día	23	Costo por m2=				<b>39.74</b>
Mano de Obra		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
	Operario	HH.	1	0.35	15.82	5.50
	Oficial	HH.	1	0.35	13	4.52
Equipos						
	Herramientas Manuales	% M.O		3	10.02	0.30
Materiales						
	Alambre negro # 8	kg		0.02	3.5	0.07
	Desmoldante Petróleo	Gln		0.5	4.29	2.15
	Panel Metálico + Accesorios	Unid.		0.0032	8500	27.2

**Tabla 20. Análisis de Costo Unitario del encofrado de Plástico**

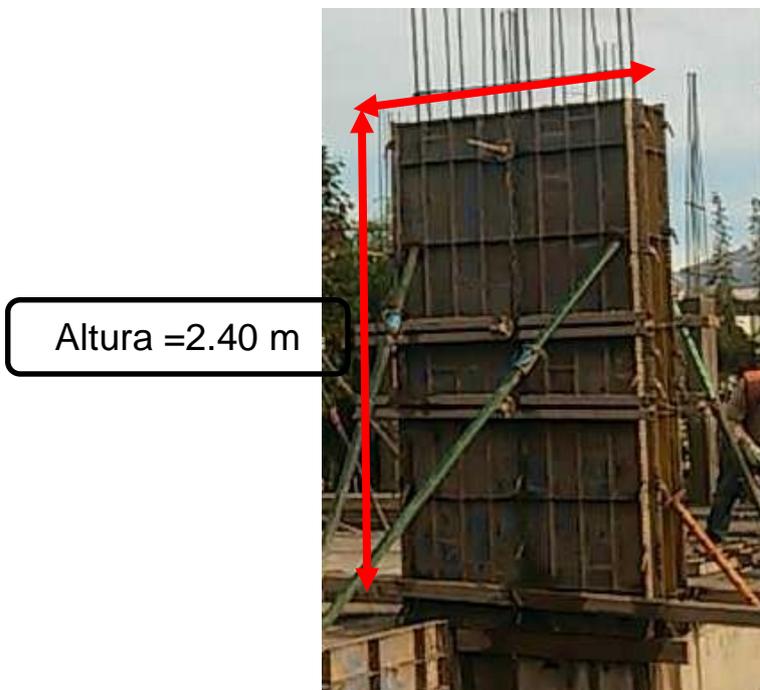
Encofrado y Desencofrado Plástico columna						
Rendimiento: m2/día	25	Costo por m2=				<b>130.26</b>
Mano de Obra		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
	Operario	HH.	1	0.32	14.74	4.72
	Oficial	HH.	1	0.32	12.75	4.08
Equipos						
	Herramientas Manuales	% M.O		3	8.80	0.26
Materiales						
	Curado de concreto	gl		0.04	4.9	
	Panel Plástico + Accesorios	m2		0.008	15150	121.2

## PANEL FOTOGRAFICO

**FOTO 1** Encofrado de columna de 0.25 X 0.50 X 2.40 m – con panel manual



**FOTO 2** Encofrado de columna de 0.25 X 0.60 X 2.40 m – con panel manual



**FOTO 3 Encofrado de vigas de 0.25 X 4.25 m – con panel manual conectados (base)**



**FOTO 4 Encofrado de vigas de 0.25 X 4.25 m – con panel manual con conexiones (tapas laterales)**



**FOTO 5 Inmobiliaria EL EDEM 6 piso en ejecución**



**FOTO 6 Encofrado de Placa con Panel metálico**



**FOTO 7 Encofrado de columnas con panel metálico**



**FOTO 8 Encofrado de placas con panel de madera**



**FOTO 9 Encofrado de columnas con tablas de madera**



**FOTO 10 Encofrado de columnas con formas de plástico**



**FOTO 11 Encofrado de losa con madera y puntales metálicos**



**FOTO 12 Después del desencofrado de las formas de madera se muestra el acabado de las vigas**



**FOTO 13 Control de la regularidad y error en la superficie de las columnas**



**FOTO 14 Control del nivel de las caras de las columnas**



**ANEXO 5. PLANOS ELABORADOS DURANTE LA INVESTIGACION**  
**PLANO DEL DISTRITO DE WANCHAQ**  
**PLANO DE LAS CASAS CENSADAS**  
**PLANO DE LAS CASA EVALUADAS**