



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL ENCOFRADO
DE PLÁSTICO EN COLUMNAS Y VIGAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Giovanni Eduardo Neumann Cabrera

Asesor:

Mcs. Ing. Irene del Rosario Ravines

Cajamarca – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **NEUMANN CABRERA, GIOVANNI EDUARDO**, denominada:

“ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL ENCOFRADO PLÁSTICO EN COLUMNAS Y VIGAS”

Mcs.Ing. Irene Del Rosario Ravines Azañero

ASESORA

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga.

JURADO

PRESIDENTE

Mcs. Ing. Martha Huamán Tanta.

JURADO

Ing. Salomé De la Torre Ramírez

JURADO

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme voluntad, fuerza y energía para seguir adelante y vencer todos los obstáculos presentados a lo largo de mi carrera.

A mi familia, quienes han sido los cimientos en la construcción de mi vida profesional, me inculcaron el deseo de superación y ganas de desarrollarme como persona íntegra y con valores.

AGRADECIMIENTO

Al director de la carrera de Ingeniería Civil de la filial Cajamarca de la Universidad Privada del Norte por su apoyo y confianza para realización de este trabajo de investigación.

A mi asesora por compartir con mi persona sus conocimientos adquiridos a lo largo de su trayectoria profesional y plasmarlos en la presente tesis.

A mis docentes, gracias por su tiempo, apoyo y por todos los conocimientos transmitidos a lo largo de nuestra carrera profesional.

A mi madre y abuelos, por impulsar mi desarrollo personal y profesional y por el apoyo brindado en cada momento de mi vida cuando lo necesite.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivo General	15
1.6. Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	20
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	70
3.1. Formulación de la hipótesis	70
3.2. Operacionalización de variables	70
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	72
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	72
4.2. Material.	72
4.3. Unidad de estudio.	73
4.4. Población.	73
4.5. Muestra.	73
4.6. Métodos.	76
4.6.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i>	76
CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....	77
5.1. Costo unitario para encofrados de madera en columnas:	77
5.2. Costo unitario para encofrados de madera en vigas:	78
5.3. Costo unitario para encofrados de plástico en columnas:	80
5.4. Costo unitario para encofrados de plástico en Vigas:	82
5.5. Comparación de costo unitario de encofrado de columna de plástico y el encofrado en columna de madera:	84
5.6. Comparación de costo unitario de encofrado de viga de plástico y el encofrado en vigas de madera:	84
5.7. Verificación de eficiencia del encofrado plástico vs encofrado de madera en columnas y vigas	84

5.8.	Análisis de tiempos de instalación	84
5.9.	Análisis de acabados de encofrados plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas.	86
	5.9.1.1. <i>Análisis de imperfecciones</i>	86
	5.9.1.2. <i>Análisis de verticalidad</i>	86
CAPÍTULO 6. Resultados		87
6.1.	Costos	87
	6.1.1.1. <i>Análisis de costos unitarios en encofrados de madera para columnas</i>	87
	6.1.1.2. <i>Análisis de costos unitarios en encofrados de madera para vigas.</i> ..	88
	6.1.1.3. <i>Análisis de costos unitarios en encofrados plásticos para columnas</i>	89
	6.1.1.4. <i>Análisis de costos unitarios en encofrados plásticos para vigas</i>	90
	6.1.1.5. <i>Cuadro comparativo de costo unitario por m2 en encofrados plásticos vs</i> <i>encofrados de madera.</i>	91
	6.1.1.6. <i>Gráfico de comparación de costos unitarios por m2 de encofrados</i> <i>plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas.</i>	91
6.2.	Eficiencia.....	92
	6.2.1.1. <i>Tiempo de instalación</i>	92
	6.2.1.2. <i>Resumen de Datos con respecto a la eficiencia.</i>	98
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN		101
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES		102
CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES		103
CAPÍTULO 10. BIBLIOGRAFÍA.....		104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuente: Encofrados en construcción	23
Tabla 2: Peso de techos aligerados	24
Tabla 3: Encofrado modular	45
Tabla 4: Encofrado modular	58
Tabla 5: Accesorios del encofrado plástico	60
Tabla 6: Accesorios del encofrado plástico	61
Tabla 7: Combinaciones de tamaños en columnas para encofrados plásticos	62
Tabla 8: Tabla comparativa encofrados tradicionales- Plásticos	68
Tabla N° 9: Operacionalización de variables	70
Tabla N° 10: Operacionalización de variables	71
Tabla N° 11: Rendimiento promedio para columnas en m ² /día	77
Tabla N° 12: Costo promedio por trabajador de construcción civil	78
Tabla N° 13: Rendimiento promedio para vigas por m ² /día	79
Tabla N° 14: Costo promedio por trabajador de construcción civil	79
Tabla N° 15: Rendimiento promedio columnas por m ² /día	80
Tabla N° 16: Costo promedio por trabajador de construcción civil	81
Tabla N°17: Rendimiento promedio en vigas por m ² /día	82
Tabla N°18: Costo promedio por trabajador de construcción civil	83
Tabla N° 19: Análisis de costo unitario por m ² en encofrado de columnas	87
Tabla N° 20: Análisis de costo unitario por m ² en encofrado de vigas	88
Tabla N° 21: Análisis de costo unitario por m ² en encofrado de columnas	89
Tabla N° 22: Análisis de costo unitario por m ² en encofrado de vigas	90
Tabla N° 23: Cuadro comparativo costos encofrados plásticos vs encofrados de madera	91
Tabla N° 24: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	92
Tabla N° 25: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	93
Tabla N° 26: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	94
Tabla N° 27: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	95
Tabla N° 28: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	96
Tabla 29: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera	97
Tabla N° 30: Cuadro comparativo de la eficiencia del encofrado plástico vs encofrado de madera	98
Tabla 31: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 ½" X 8 "	106
Tabla 32: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 7 marcos de 2" x 4 "	107
Tabla 33: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"	108
Tabla 34: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3" x 3"	109
Tabla 35: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 ½" x 8"	110
Tabla 36: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 7 marcos de 2" x 4"	111
Tabla 37: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"	112
Tabla 38: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3" x 3"	113
Tabla 39: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 ½" x 8"	114
Tabla 40: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 7 marcos de 2" x 4"	115
Tabla 41: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"	116
Tabla 42: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3"x 3"	117

Tabla 43: Cuadro de aporte unitario total para madera tornillo en columnas	118
Tabla 44: Cuadro de aporte unitario de tablonces de tablonces de 1 1/2" x 8 "	119
Tabla 45: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 2"x 3"	120
Tabla 46: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"	121
Tabla 47: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"	122
Tabla 48: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x 3"	123
Tabla 49: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x 3"	124
Tabla 50: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x 4"	125
Tabla 51: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2"x 3"	126
Tabla 52: Cuadro de aporte unitario de tablonces de tablonces de 1 1/2" x 8"	127
Tabla 53: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 2"x 3"	128
Tabla 54: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"	129
Tabla 55: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"	130
Tabla 56: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x 3"	131
Tabla 57: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x 3"	132
Tabla 58: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x 4"	133
Tabla 59: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2"x 3"	134
Tabla 60: Cuadro de aporte unitario de tablonces de tablonces de 1 1/2" x 8"	135
Tabla 61: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 2"x 3"	136
Tabla 62: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"	137
Tabla 63: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"	138
Tabla 64: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x 3"	139
Tabla 65: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x 3"	140
Tabla 66: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x 4"	141
Tabla 67: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2"x 3"	142
Tabla 68: Cuadro de aporte unitario total para madera tornillo en vigas	143
Tabla 69: Número de usos promedio para Encofrado Plástico	148
Tabla 70: Número de usos promedio para Encofrado tradicional	148
Tabla 71: Comparación de número de usos encofrado plástico vs encofrado tradicional:	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Encofrado en columna.....	21
Figura N° 2: Encofrado de losa	22
Figura N° 3: Cargas de Construcción	25
Figura N° 4: Cargas de construcción.....	26
Figura N° 5: Presión sobre encofrado.	28
Figura N° 6: Presión sobre encofrado	29
Figura N° 7: Hormigón visto	32
Figura N° 8: Hormigón visto	33
Figura N° 9: Encofrado de madera	34
Figura N° 10: encofrado tradicional	35
Figura N° 11: Encofrado recuperable	36
Figura N° 12: Encofrado perdido	38
Figura N° 13: Encofrados plásticos	42
Figura N° 14: Propiedades ABS.....	44
Figura N° 15: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares	46
Figura N° 16: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares	46
Figura N° 17: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares	47
Figura N° 18: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares	47
Figura N° 19: Composición de Geotub.....	48
Figura N° 20: Composición de Geotub.....	48
Figura N° 21: Columna circular Geotub en el mar	49
Figura N° 22: Columna circular Geotub	50
Figura N° 23: Pilares perjudicados restaurados con Geotub	51
Figura N° 24: Apuntalamiento en Geo panel.....	52
Figura 25: Fisaje al suelo en geo panel.....	53
Figura N° 26: Velocidad de hormigonado.....	54
Figura N° 27: Consistencia del concreto	55
Figura N° 28: Propiedades de ABS	57
Figura N° 29: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares	58
Figura N° 30: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares.	59
Figura N° 31: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares.	59
Figura 32: Dimensiones encofrado plástico en columnas rectangulares y cuadradas	60
Figura N° 33: Combinaciones para distintas medidas de columnas	62
Figura N° 34: Encofrados Geotub en columnas cuadradas y rectangulares.....	63
Figura N° 35: Encofrados Geotub en columnas cuadradas y rectangulares.....	63
Figura N° 36: Apuntalamiento en Geo panel.....	64
Figura N° 37: Fisaje al suelo en geo panel.....	65
Figura N° 38: Fisaje al suelo en geo panel.....	66
Figura N° 39: Consistencia del concreto	67
Figura N° 40: Encofrado plástico en columnas rectangulares vs Encofrado tradicional	69
Figura N° 41: Formato de visita a campo	72
Figura N° 42: Imagen de Localización de escuela técnico PNP San Bartolo	73
Figura N° 43: Imagen visita a la escuela técnico PNP San Bartolo	74
Figura N° 44: Vista panorámica obra culminada	74
Figura N° 45: Ambiente polígono de tiro terminado	75
Figura N° 46: Ambiente polideportivo terminado	75
Figura 47: Ambiente auditorio terminado.....	76
Figura N° 48: Estructura considerada para una columna.....	84

<i>Figura N° 49: Estructura considerada para una viga.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura N° 50: Acabado de columnas y vigas para auditorio.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura N° 51: Acabado de vigas para auditorio.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura N° 52: Vista Panorámica de acabados de columnas y vigas del polígono de tiro</i>	<i>145</i>
<i>Figura N° 53: Vista de acabados de columnas y vigas del auditorio</i>	<i>145</i>
<i>Figura N° 54: Acabados de columnas y vigas para el polideportivo</i>	<i>146</i>
<i>Figura N° 55: Vista panorámica del polideportivo.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura N° 56 Colocación de acero para columnas</i>	<i>147</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N° 1: Gráfico de comparación de costos unitarios por m² de encofrados plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas.....</i>	<i>91</i>
<i>Gráfico N° 2: Grafico comparativo del tiempo de instalación para encofrados plásticos vs encofrados de madera.</i>	<i>99</i>
<i>Gráfico N° 3: Grafico comparativo del porcentaje del tiempo de instalación.....</i>	<i>100</i>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación se centra en estudiar los encofrados plásticos en columnas y vigas con el fin de establecer costos y eficiencia, para tal fin se realizó el estudio en la obra: Construcción escuela técnico PNP San Bartolo-Lima Perú, durante su proceso constructivo, usando un formato de recolección de datos en el que se consignó dentro de la eficiencia variables como acabados y tiempos, mientras que para el costo se usó las variables de mano de obra, materiales y herramientas cotizados por una empresa dedicada al alquiler de encofrados plásticos, dichos datos se comparan con respecto a los establecidos por CAPECO para un encofrado tradicional de madera, determinándose que los encofrados plásticos con respecto a los costos aumentan el costo unitario en un 29.88% en columnas y un 10.89% en vigas frente al encofrado tradicional de madera, respecto a la eficiencia reducen el tiempo de instalación en un 44.44% para columnas y para vigas un 47.06% frente al encofrado tradicional, también poseen buen acabado(Liso) y buena verticalidad.

ABSTRACT

The objective of the present research work is to study the plastic formwork in columns and beams in order to establish costs and efficiency. For this purpose the study was carried out in the construction: PNP SAN BARTOLO-LIMA PERU TECHNICAL SCHOOL CONSTRUCTION, during its using a data collection format in which variables such as finishes and times were recorded within the efficiency, while for the cost the variables of labor, materials and tools quoted by a company dedicated to the rental of plastic formwork, these data are compared with those of CAPECO for a traditional wooden formwork, it being determined that the plastic formworks with respect to the costs increase the unit cost by 29.88% in columns and 10.89% in beams in front of the formwork traditional timber, compared to efficiency reduce installation time by 44.44% for columns and for beams a 47.06% compared to traditional formwork, also have good finish (smooth) and good verticality.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

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 (Yosep, 2014)

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 (Yosep, 2014).

Por otra parte, los requerimientos comerciales y técnicos están reduciendo el plazo de la ejecución de las obras, lo que a velocidad en la construcción toma mucha importancia. Es por ello que para este trabajo de título se desea estudiar el uso de encofrados de plástico, que contribuyen al aumento en la velocidad de construcción de elementos verticales, permitiendo hacer más eficiente el proceso de hormigonado (Yosep, 2014).

Cuando se realiza una construcción se vuelve necesaria la utilización de los encofrados para mantener la forma de los elementos que conforman cada una de las partes de obra. Actualmente, dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se pueden utilizar varios tipos de encofrados, pero el material que sigue siendo más común y el más utilizado, es la madera. Existe una gran 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 económico, pero sin dejar de lado la calidad, en un mercado cada vez más exigente y competitivo, la estructura de hormigón a partir de encofrados de plástico es hoy la forma más rápida, ventajosa y ecológica de construir (Chaba, 2010).

Como consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y diseños complicados de concreto, ha sido necesario encontrar un material de encofrado con ciertas propiedades que salen de las corrientes en los encofrados tradicionales (Chaba, 2010).

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los costos y la eficiencia (tiempo de instalación, acabados) del encofrado de plástico en columnas y vigas?

1.3. Justificación

La presente investigación es importante debido a que el encofrado plástico es una buena alternativa ante otro tipo de encofrados debido a su abundancia, economía, a su naturaleza ecológica y al número de usos que se le puede dar a diferencia de los otros tipos de encofrados, hacer una comparación sobre en qué tipos de estructuras resulta indicado utilizarlos.

De la revisión bibliográfica que se realizó, se comprobó que no existe información precisa sobre en qué tipo de estructuras se puede utilizar los encofrados plásticos, si el costo en la utilización de los encofrados plásticos resulta más económico que el de otro tipo de encofrados.

La información obtenida a través del diagnóstico revela que el encofrado plástico es un tipo de encofrado muy útil por el número de veces que se puede utilizar, los costos económicos frente a otro tipo de encofrados y a su naturaleza ecológica.

La información que genere el estudio podrá ser de utilidad para empresarios, instituciones estatales y no estatales, investigadores y trabajadores ligados con este sector. La metodología usada podrá ser usada en otras investigaciones similares.

Por lo expuesto es factible realizar el trabajo de investigación análisis de costos y eficiencia del encofrado de plástico en columnas y vigas

1.4. Limitaciones

- La principal limitante potencial de este tipo de investigaciones es el acceso a la información.

1.5. Objetivo General

- Determinar los costos y la eficiencia del encofrado de plástico en columnas y vigas.

1.6. Objetivos Específicos

- a. Determinar los costos unitarios de encofrados plásticos de vigas y columnas.
- b. Elaborar formatos para verificar tiempo de instalación y apariencia (verticalidad y acabados).
- c. Analizar la eficiencia del encofrado de plástico en columnas y vigas.
- d. Comparar la eficiencia y costos de un encofrado plástico y un tradicional de madera.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Después de revisar la literatura pertinente sobre el tema, se concluye que no existen antecedentes sobre investigaciones en encofrados plásticos. El antecedente más cercano encontrado fue la investigación de (Yosep, 2014) , sobre encofrados metálicos, que la utilizaremos como referente en esta investigación.

Además, usamos algunos artículos relacionados en los cuales se comenta o se describen algunas características, ventajas, costos y otras consideraciones sobre los encofrados plásticos.

Oribe (2014) realizó una investigación que consistió en analizar costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de Lima.

Para ello se investigó el uso de los encofrados metálicos, que son poco usados en nuestro país, como una solución técnica para acelerar los trabajos de construcción de elementos verticales en edificios de hormigón armado. Se espera entregar la suficiente información para poder realizar una comparación entre los encofrados metálicos y cualquier otra tecnología presente en el mercado actual.

En sus resultados encontró que se trabajó con empresas líderes en el mercado, de donde se obtuvieron las características técnicas y económicas de todos los modelos y sistemas utilizados. Además, se conversó con usuarios con experiencia y se visitaron obras donde se utilizan las tecnologías, con lo que se completó la información necesaria para la realización del trabajo.

La conclusión más importante de esta investigación fue que el uso de 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 de oficinas, resulta de mayor costo por m². 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 de cuantificar.

El sistema tradicional de encofrado se elabora utilizando piezas de madera aserrada y rolliza o contrachapado, un sistema fácil de montar, pero de lenta ejecución cuando las estructuras son grandes (Master, 2012).

La tendencia en el mercado internacional apunta a la desaparición actual del sistema tradicional de revestimientos. Por ejemplo, existen paneles plásticos para encofrados, los que disminuyen los tiempos de elaboración de una estructura a la mitad y, además, son reutilizables.

El Arq. Jorge Cobeña Solis, Supervisor Comercial de Mexichem Ecuador S.A. (Plastigama), comenta que los paneles modulares plásticos son, “un producto amigable con el medio ambiente, resistente a las altas presiones de carga del hormigón y reduce significativamente algunos valores en obra” (Master, 2012).

Esta innovación ha sido utilizada con éxito en más de 10.000 proyectos en 40 países, tales como Alemania, Rusia, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, India, Australia, Nueva Zelanda, Chile, entre otros (Master, 2012).

La estructura de los paneles consiste en un tablero reforzado a través de celdas, las que funcionan como elementos resistentes a la flexión en los dos sentidos. Su propósito es distribuir la carga en todo el panel, mejorando notablemente, su resistencia. La distribución de las celdas, así como sus dimensiones, son variadas y se diferencian en: paneles aplicados para losas y para columnas (Master, 2012).

Los paneles plásticos, gracias a su composición química, mantienen una condición adecuada para almacenarse al aire libre, sin degradación ambiental (Master, 2012).

No absorben agua durante el proceso de fraguado, mejorando la resistencia del hormigón en menor tiempo, la adherencia al concreto es mínima y el acabado del hormigón es liso. No requiere enlucido (Master, 2012).

Peso Ligero: rápido de instalar y desencofrar. Seguro y fácil de usar (Master, 2012).

No requiere agentes químicos o aceites. Cualquier residuo de concreto puede ser removido solamente con agua a presión. Los paneles modulares plásticos pueden ser reutilizados hasta 100 veces (Master, 2012).

Amplia gama modulada de paneles que optimizan recursos y generan soluciones rápidas y eficientes (Master, 2012).

“El sistema de encofrado plástico es muy útil en obras de gran volumen, lo que ayudará en la reducción de costos de mano de obra y transporte. Dada su flexibilidad para producir casi cualquier forma, se adapta muy bien a toda tipología estructural y a otros sistemas de encofrado” (Master, 2012).

Los nuevos encofrados plásticos para columnas y tabiques permiten obtener un hormigón suave y prolijo, ideal para quedar a la vista. Las ventajas principales son su bajo peso y la posibilidad de modular y de reutilizar las placas alrededor de cien veces (Baldo, 2015).

“El sistema se arma y se desarma de forma sencilla, solamente poniendo o sacando una manija en los paneles. Se trata de una única herramienta universal, de color rojo, sin ubicación fija, que simplemente se gira 90° para trabar y destrabar”, explica Andrés Corti, de Concreplast. Y aclara que la fijación y el aplome del sistema de encofrado plástico se realizan de manera tradicional, con puntales apoyados. “Recomendamos echar mano a los mismos elementos que ya se estén usando en la obra”, aclaran desde Concreplast (Baldo, 2015).

Por otro lado, los encofrados plásticos son muy livianos; cada placa pesa entre 2,5 y 11 kilos en el caso de la más grande. Esta característica propia del material (ABS) facilita el transporte, izaje y manipulación de las placas en la obra por una sola persona (Baldo, 2015).

Corti aclara que, por el momento, solo están disponibles en Argentina los productos para encofrados de columnas: Geotub (columnas circulares), Geotub Panel (columnas rectangulares) y Geopanel Star (columnas rectangulares modulables). El sistema, de

origen europeo, incluye también placas para encofrar tabiques, losas y casetonados de varios tipos (Baldo, 2015).

Respecto de la modulación, todos los elementos tienen una altura estándar de 60 cm y se acoplan solamente los elementos necesarios según el proyecto. Las placas pueden ser desmontadas completamente y almacenadas incluso en lugares húmedos (Baldo, 2015).

El costo del sistema depende de las distintas dimensiones de las placas. Por ejemplo: Geotub para columnas circulares de 30 cm de diámetro cuesta \$ 4.071 (más IVA) y para columnas de 60 cm de diámetro, \$ 9.000 (más IVA). Las placas para secciones rectangulares son de dos tipos: Geotub Panel de 30 por 30 cm cuesta \$ 9.485 (más IVA) y Geopanel Star de 20/60 (modulable para realizar columnas de 20, 30, 40, 50 y 60 cm), cuyo valor es \$ 17.477 (más IVA) (Baldo, 2015).

El encofrado plástico no requiere del empleo de ningún aditivo desmoldante porque el hormigón no se adhiere a ese material. “Para garantizar las condiciones de reúso, simplemente se recomienda lavar con agua una vez finalizado el trabajo”, aclara Corti (Baldo, 2015).

El encofrado plástico es apto para realizar estructuras de hormigón en presencia de agua (muelles, por ejemplo) o en condiciones de exposición a la intemperie (Baldo, 2015).

La posibilidad de manipular los paneles sin grúa debido a su bajo peso y tamaño, y de armar el encofrado de las columnas en forma lateral ensamblando las placas con las manivelas, favorece el uso del sistema en reformas o adecuaciones. Por ejemplo, es útil para realizar la ampliación de la sección en columnas por cambios de requerimiento de carga o por adecuación para resistir sismos. También en el encamisado de pilares en donde las barras estén expuestas al aire por degradación del hormigón (Baldo, 2015).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El encofrado en el campo de la construcción

Generalidades

Cuando se realiza una construcción se vuelve necesaria la utilización de los encofrados para mantener la forma de los elementos que conforman cada una de las partes de la obra.

Actualmente dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se pueden utilizar varios tipos de encofrados, pero el material que sigue siendo más común y el más utilizado, es la madera (Yosep, 2014).

Encofrado

El encofrado es uno de los aspectos más importantes en la construcción, ya que es un sistema formado por piezas acopladas, moldes temporales o permanentes destinados a dar forma al mortero, hormigón u otros materiales en su estado plástico o fresco.

Ofrece la facilidad de darle al hormigón la forma proyectada proveyendo su estabilidad como hormigón fresco, asegurando la protección y la correcta colocación como armaduras. Entre otras funciones están las de proteger al hormigón de golpes, de las temperaturas externas y la pérdida de agua (Chaba, 2010).

Figura N° 1: Encofrado en columna



Fuente: Yosep, 2014

2.2.2 Tipos de Carga

Los encofrados se encuentran sometidos a diferentes presiones una vez que el hormigón fresco es vertido, además de otros factores que inciden en su estabilidad, los cuales se detallan a continuación:

- Peso del concreto
- Peso de los ladrillos(aligerados)
- Cargas de Construcción
- Peso propio de los encofrados
- Cargas diversas

- Presión del concreto fresco.

a) Pesos del concreto

Ha sido señalado que los encofrados deben ser considerados como estructuras; en efecto; en tanto el concreto no alcance las resistencias mínimas exigibles para proceder a desencofrar, los encofrados tienen que ser suficientemente resistentes para soportar el peso del concreto. Esto ocurre en los encofrados de vigas y techos.

Figura N° 2: Encofrado de losa



Fuente: Yosep, 2014

Pues bien, el concreto es un material de considerable peso. Un metro cúbico de concreto pesa aproximadamente 2400 kg, magnitud nada despreciable; por ejemplo, un metro cuadrado de losa de concreto de 0.15m de espesor pesa alrededor de 360 kg, equivalente a más de 8 bolsas de cemento.

El peso de un determinado volumen de concreto se obtiene multiplicando dicho volumen por el peso específico del concreto, que como ha sido ya

indicado es cercano a los 2400 kg/m³. Así, por ejemplo, un metro lineal de una viga de 0.25x 0.80x pesa 0.25x0.80x1.00x2400=480 kg.

Tabla 1: Peso de losas macizas de concreto armado

Peso de losas macizas de concreto armado	
Espesor de losa	
Peso de un m ² de losa	
(m ²)	(kg)
0.1	240
0.12	288
0.15	360
0.20	480
0.25	600

Fuente: Yosep, 2014

Tabla 2: Peso de techos aligerados

Peso de techos aligerados (incluye peso de ladrillos huecos)	
Espesor del techo	
Peso de un m ² de techo	
(m ²)	(kg)
0.17	280
0.2	300
0.25	350
0.30	480

Fuente: Yosep, 2014

b) Cargas de construcción

Adicionalmente el peso del concreto, los encofrados deben soportar las cargas de construcción; éstas corresponden al peso de los trabajadores que participan en el llenado de los techos y al equipo empleado en el vaciado.

Figura N° 3: Cargas de Construcción



Fuente: Master, 2012

Para establecer las cargas de naturaleza referida es usual adoptar, como equivalente, una carga uniformemente repartida en toda el área de los encofrados. Para encofrados convencionales y vaciados con equipo normal se suele tomar de valor de 200 kg/m^2 , magnitud que debe sumarse el peso de concreto (CAPECO, 2016)

Cuando se prevea vaciados con equipo mecánico motorizado el valor indicado debe aumentarse prudencialmente en 50%, es decir, que en este caso la magnitud equivalente a las cargas de construcción será 300 kg/m^2 .

En tal consideración, la carga por m^2 sobre el encofrado de un techo aligerado de 0.20 m, empleando equipo convencional para el vaciado, será: $300 + 200 = 500 \text{ kg}$, es decir media tonelada.

c) **Peso de los encofrados**

En encofrados de madera, el peso propio de los mismos tiene poca significación en relación con el peso del concreto y cargas de construcción. En el caso de encofrados metálicos, por ejemplo, encofrados de techos con viguetas metálicas extensibles- el peso que aportan debe tenerse en cuenta.

Figura N° 4: Cargas de construcción



Fuente: Master, 2012

El peso propio de encofrados de techos con viguetas metálicas es aproximadamente 50 kg por metro cubico de techo. El peso exacto debe establecerse a partir de la información que proporcionen los proveedores de este tipo de encofrados.

d) Cargas diversas

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

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

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

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

e) Presión del concreto fresco

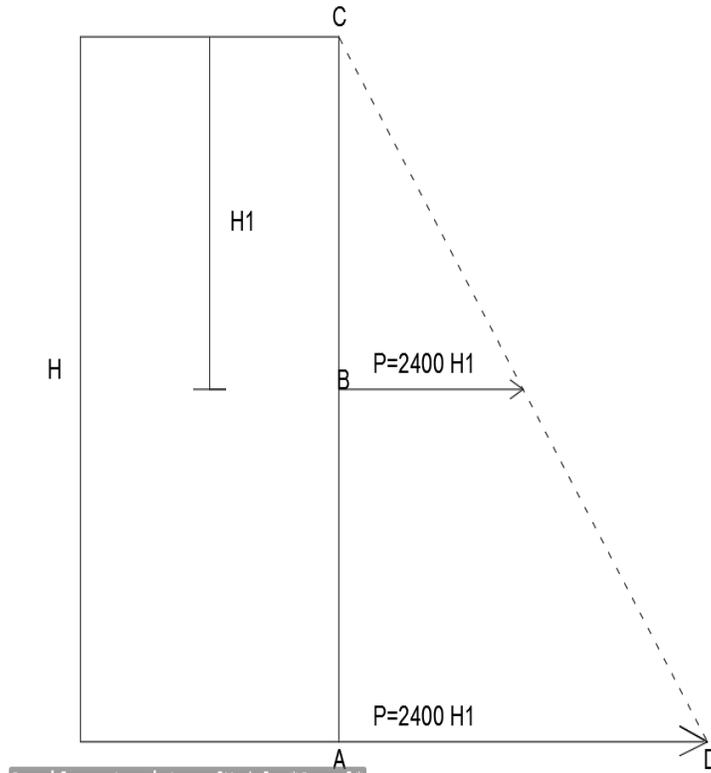
Al ser colocado en los encofrados, el concreto tiene la consistencia de una masa plástica. A medida que transcurre el tiempo va endureciendo convirtiéndose finalmente en un material sólido. En este lapso, desde su colocación hasta su endurecimiento, el concreto ejerce considerable presión sobre los tableros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

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

En la figura 5. La línea CD representa la variación de la presión en toda la altura del encofrado de una columna de altura H. La presión es cero.

Si la altura de la columna fuera 3 m, la presión al pie de la columna sería $2400 \times 1.80 = 4320 \text{ kg/m}^2$.

Figura N° 5: Presión sobre encofrado.



Fuente: Chaba, 2010

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

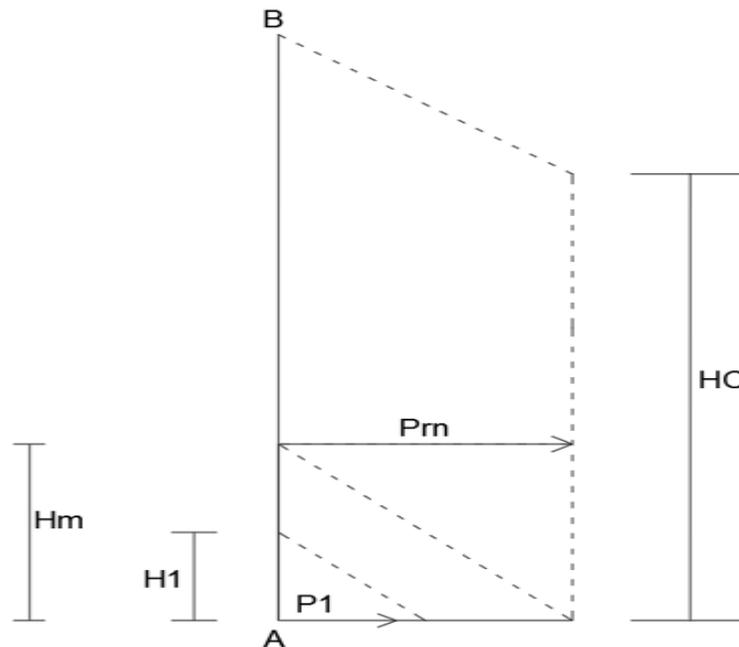
Al inicio del vaciado la presión aumenta proporcionalmente con la altura que va alcanzando el concreto dentro del encofrado.

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

En la figura 6, AB representa el tablero del encofrado de un muro. Cuando el concreto fresco llega a una altura H1 la presión es P1 e igual a $2400 H1$, y seguirá aumentando hasta alcanzar un valor máximo Pm a la altura Hm. Esta presión ya no se incrementará, permaneciendo invariable hasta la altura Hc.

Al llegar el vaciado a la altura Hc la presión comienza a disminuir linealmente hasta tener valor cero en el borde superior del encofrado. El valor de la presión máxima depende de diversos factores, principalmente de la velocidad de llenado y de la temperatura del concreto.

Figura N° 6: Presión sobre encofrado



Fuente: Chaba, 2010

La presión será mayor cuanto más rápidamente se realiza el vaciado. La velocidad de llenado está relacionada con la longitud y el espesor del muro y, desde luego, con el equipo utilizado para el vaciado. Si la colocación se realiza con equipo de bombeo la presión máxima alcanzará significativos valores, que pueden ocasionar la deformación o el colapso de los encofrados si éstos o son reforzados apropiadamente.

El otro factor determinante de la presión es la temperatura del concreto. A bajas temperaturas ambientales el concreto endurece lentamente desarrollándose presiones muy grandes; por ejemplo, a temperaturas entre 5°C y 10° C la presión es aproximadamente una y media vez mayor que la que corresponde a una temperatura durante el vaciado es de 30° C, la presión máxima será de más o menos 80% de la producida a 21°C.

Refiriéndose a la velocidad de llenado, cuando ésta es controlada-que no exceda, por ejemplo, 0.60m de altura por hora la presión máxima es aproximadamente la mitad de la presión que cabe esperarse si la progresión del vaciado es de 2 m/hora.

En los casos en que se prevea vaciados de concreto a temperaturas bajas la velocidad de llenado debe reducirse y, por supuesto, reforzarse debidamente los encofrados.

2.2.3 Clasificación de los encofrados

Los encofrados varían según el tipo de obra, calidad del hormigón, material etc. pero podemos clasificarlos todos ellos de acuerdo con los siguientes criterios:

A.- Por el tipo de hormigón

1. Encofrados de hormigón visto
2. Encofrados de hormigón para revestir

B.- Por el número de usos

3. Encofrados recuperables
4. Encofrados perdidos

C.- Por sus materiales

5. Encofrados de madera
6. Encofrados metálicos
7. Encofrados de plástico

A. Encofrado por el tipo de hormigón

Dependiendo del tipo de acabado del hormigón en los elementos que forman la obra, varían el material de los encofrados a utilizar, así como también el tratamiento que se realice antes y durante el proceso, para que el acabado final sea el esperado.

Existen dos tipos de encofrados, encofrados de hormigón visto y encofrados de hormigón para revestir. Los primeros necesitarán paneles lisos, impermeables, normalmente metálicos, ya que permiten un número de puestas mayor que los plafones de madera, y a veces se recubrirán de tejidos antiadherentes o líquidos desencofrantes, ya que el hormigón se convertirá en la fachada de la edificación, estas condiciones y cuidados por el contrario no serán necesarias en el caso de que el hormigón no sea el acabado final de la obra.

A.1 Encofrado para hormigón visto

El hormigón visto es aquel que se muestra durante su vida útil tal y como se presenta, una vez retirados los encofrados, o tras finalizar las operaciones de tratamiento superficial, si las hubiere, sin revestimiento o adición de otros materiales que lo cubran con finalidad ornamental.

Figura N° 7: Hormigón visto



Fuente: Master, 2012

El hormigón visto es una labor de equipo por lo que es necesaria una colaboración comprometida de todas las partes para que el acabado final de la superficie resulte de calidad y visualmente acorde con las necesidades del proyecto.

Los diversos materiales del encofrado crean siempre superficies de hormigón muy características, por tanto, el material que se escoja para encofrar tiene su importancia, ya que esta imprimirá su textura en la superficie de hormigón.

Deberá ser impermeable, empleándose materiales metálicos, maderas, cartones plastificados o plásticos conformados, siendo estos dos últimos los que permiten mayor libertad y un número de puestas mayor que los de madera, y que a veces se recubren con láminas antiadherentes o líquidos desencoformantes para acabados más lisos.

Figura N° 8: Hormigón visto



Fuente: Master, 2012

Estos desencoformantes forman una película delgada, que no se endurece, entre el encofrado y el hormigón evitando el contacto directo de las caras, de esta forma el hormigón endurecido no se pega, el desencoformado no produce una separación brusca entre el hormigón y el encofrado.

Los productos de desencoformar corrientes son sustancias grasas o cerosas, que se presentan bajo cuatro formas distintas.

- a) Aceite puro, grasa o cera
- b) Emulsiones de aceite en el agua.
- c) Emulsiones de agua en aceite
- d) Aceite puro con adición de un humectador.

A.2 Encofrado de hormigón para revestir

La mayoría de las obras civiles utilizan algún tipo de material como revestimiento de la fachada de la construcción, al contrario de lo que sucede con las construcciones que tienen como acabado el hormigón visto.

Figura N° 9: Encofrado de madera



Fuente: Master, 2012

Los encofrados que se utilizan para levantar cada uno de los elementos no necesitan que sean de un material liso, o algún tipo de tratamiento adicional.

Para este tipo de construcciones basta utilizar encofrados de madera tradicional.

Este encofrado es el que se crea en la obra, valiéndose de piezas de madera aserrada y rolliza o contrachapado. Su montaje resulta fácil de realizar, pero su ejecución es lenta cuando se tienen estructuras grandes, Este sistema se usa principalmente para pequeñas obras, en las cuales la mano de obra es más económica y resulta más barato que alquilar encofrados modulares.

Son bastante flexibles por lo que se pueden producir una gran variedad de formas y por lo regular se utilizan en combinación con otros sistemas de encofrados.

Figura N° 10: encofrado tradicional



Fuente: Master, 2012

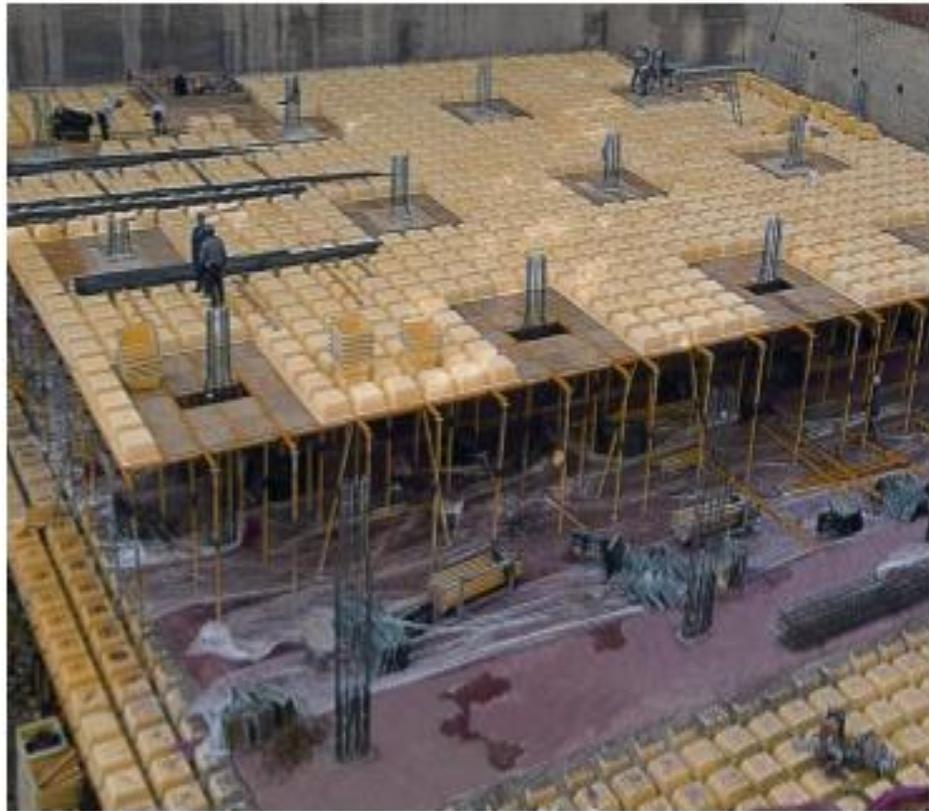
B.- Por el número de usos

Según el número de veces que se haya a utilizar, un encofrado podemos encontrar tres tipos diferentes de encofrados.

B.1-Encofrados recuperables

Se emplean bloques de poli estireno expandido, que pueden ser recuperados luego de fraguado el hormigón, y ser utilizados nuevamente en repetidas ocasiones

Figura N° 11: Encofrado recuperable



Fuente: Master, 2012

El sistema es apto para la construcción de entrepisos casetonados. Los bloques no necesitan ajustarse a un módulo determinado, debido a que se cortan de bloques de mayor tamaño, con las dimensiones necesarias para cada caso en particular.

El peso específico aparente del poli estireno expandido debe ser de 25 kg/m^3 .

Colocación:

Sobre la cara superior de cada bloque se coloca una almohadilla de polietileno inflable con una manguera en su centro, que atraviesa el bloque hasta la cara inferior. El bloque y la almohadilla se envuelven con una lámina de polietileno que puede sellarse mediante un adhesivo o cinta adhesiva. Esta lámina sirve para evitar la adherencia del bloque con el hormigón.

Los bloques así preparados se colocan sobre los encofrados de fondo de nervios del entrepiso, dejando la distancia entre bloques requerida por el ancho de los nervios. Posteriormente se coloca la armadura y se hormigona.

Cuando el hormigón ha fraguado se retiran las tablas que sostienen los bloques de encofrado, y se cortan las láminas de polietileno. Luego se inyecta aire comprimido a la almohadilla a través de la manguera. Al inflarse, la almohadilla presiona sobre la cara superior del bloque, expulsándolo del casetón. Los bloques tienen una forma tronco-piramidal para facilitar la extracción.

El reducido peso de los bloques de encofrado facilita las tareas de desencofrado y transporte (por ejemplo, un bloque de $100 \times 50 \times 40$ cm incluyendo almohadilla y lámina de polietileno, pesa aproximadamente 4 kg.

B.2-Encofrados perdidos

Este encofrado en su mayoría es hecho en el sitio, se trata de encofrados que permanecen en la obra una vez fraguado el hormigón y se recuperan posteriormente para un segundo uso, en algunas ocasiones tiene un doble

propósito como aislante térmico o acústico o simplemente son cubiertos por tierra en el caso de estructuras enterradas.

Figura N° 12:Encofrado perdido



Fuente: Master, 2012

C.- Por sus materiales

A través de los años se han ido perfeccionando las técnicas constructivas, a principios del boom constructivo el material que se utilizaba era la madera, pero a medida que hemos avanzado, han entrado al mercado materiales que pueden servir para encofrados teniendo mejores resultados que la madera dependiendo el tipo de construcción que se vaya a realizar.

Actualmente tenemos tipos de materiales que son utilizados como encofrados y que varían según los requerimientos de la obra

C.1-Encofrados de madera

En los encofrados de madera el revestimiento se realiza en el sitio utilizando como material de fabricación las tablas y madera contrachapada o aglomerado resistente a la humedad. Es fácil de producir, muy utilizada en obras pequeñas y medianas donde los costos de mano de obra son menores que los de alquiler de encofrado, por el contrario, la madera contrachapada tiene una vida útil relativamente corta. Además, es utilizado en obras que aunque grandes tienen diseños muy específicos y únicos para los cuales no se encuentran encofrados prefabricados en el mercado, en este tipo de construcciones se combina el uso de encofrados a medida hechos en madera, con los estandarizados que se alquilan como por ejemplo puntales y viguetas extensibles.

El acabado de la superficie varía dependiendo del acabado de madera. Entre las ventajas que se pueden apreciar tenemos las siguientes:

- El encofrado tradicional (de madera) es económico, su costo de inversión es bajo con respecto a los demás materiales.
- Permite producir prácticamente cualquier forma que presenten ciertos detalles constructivos, pero no con tanta facilidad que los encofrados de plástico.
- Es fácil montaje.
- Bajo peso en relación con su resistencia.
- Por ser un material liviano presenta una considerable capacidad a la tracción y compresión.
- Se encuentra en el mercado fácilmente.

Entre sus desventajas podemos acotar lo siguiente:

- No debe abusarse el armarlo de clavos y tornillos ya que esto debilita la madera. Para su óptima conservación, la madera es conveniente se pinte con periodicidad y así evitar el deterioro por acción del clima.
- Para obras de gran magnitud como son las de gran altura, se vuelve complicado y costosa la fabricación de madera.

- Es necesario también que si sufrieron algún daño, este sea reparado.
- Cuando se realice el desencofrado de madera, se debe evaluar la dirección de carga de la losa, pasar niveles sobre los muros, y colocar los tablonces de madera seleccionados para que no se hundan los tacos.

C.2-Encofrados Metálicos

En un principio, la madera fue el material predominante en los moldes estructurales, pero el desarrollo en el uso de otro tipo de materiales, junto con el aumento de uso de accesorios especializados ha cambiado poco a poco la historia de los encofrados. Actualmente el aumento de prefabricados, el ordenamiento y el aseo en las sobras por recursos mecánicos han obligado a que se construyan encofrados de mayor durabilidad tanto por su manipulación como para utilidad en el mayor número de ocasiones, lo que ha obligado al uso de moldes metálicos.

Ventajas

- Se pueden armar, desarmar y transportar con gran rapidez.
- Son económicos, si el número de veces que se va a emplear es grande, pues el número de usos que brinda es bastante mayor a cualquier otro material.
- Gran capacidad de carga
- Se obtienen superficies lisas que es necesario en ciertos tipos de obra.

Desventajas

- El costo de inversión es elevado en relación a los demás materiales.
- Ante el trato brutal que recibe el material de construcción por parte de la mano de obra, sufren torceduras, deformaciones o abollamientos costosos de reparar. La madera resiste mucho mejor los golpes.
- La mano de obra que se necesita para instalar encofrados metálicos está mal definida en cuanto a su especialidad, pues en parte tienen que ser carpinteros y en parte montadores de estructuras metálicas.
- Los encofrados metálicos de muro requieren una enorme variedad de picerío pequeño, que acaba perdiéndose en la obra y cuya instalación consume mucha mano de obra.
- No protegen el fraguado del hormigón en tiempo frío.

- Necesitan protección para evitar la oxidación, lo cual representa un gasto adicional.
- Son pesados

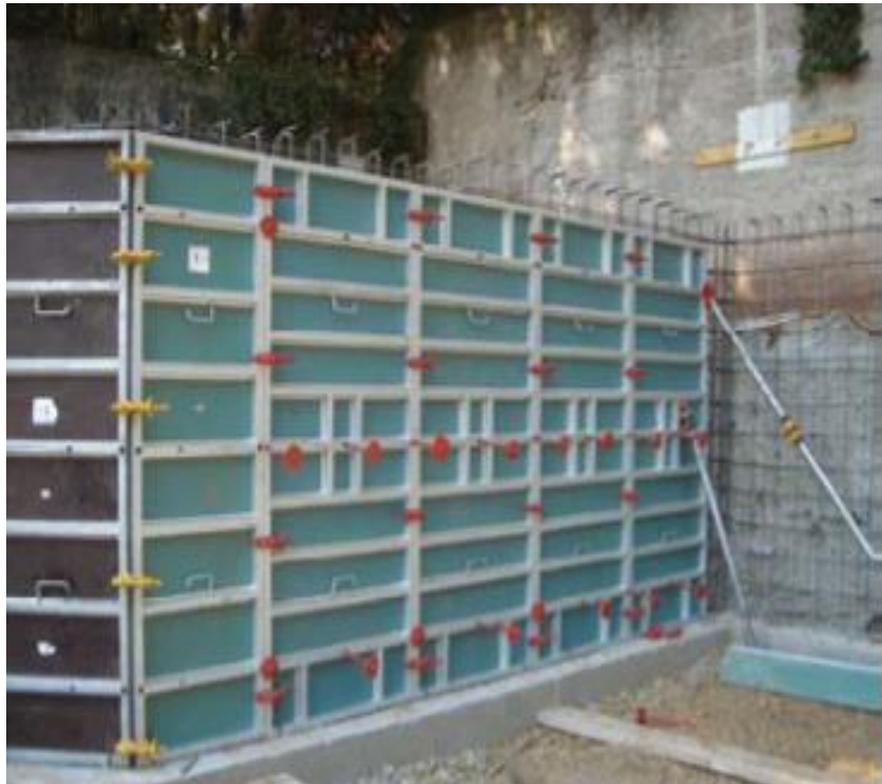
C.3-Encofrados Plásticos

Como consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y diseños complicados de hormigón, 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 elementos de hormigón. Entre sus ventajas podemos citar lo siguiente:

- Se los puede moldear en formas.
- Pueden colocarse en modo horizontal, vertical o inclinado, empezar a un nivel y acabar a otro.
- Permite colocar varios perfiles uno encima de otro(ayudado con el soporte múltiple)
- Permiten realizar el encofrado y el acabado de las superficies al mismo tiempo.
- Se puede realizar todo tipo de obras con gran facilidad, su estructura, dócil y resistente a la vez, le permite hacer diseños originales, podrá cortar los perfiles sin dificultad, unirlos, etc.
- Son livianos y fácilmente desmontables
- Al contrario de los encofrados metálicos, estos no presentan problemas de corrosión.

Figura N° 13: Encofrados plásticos



Fuente: Ficha técnica Tecno Pvc, 2016

Características y especificaciones del encofrado plástico

- Sin humedad y no deformable
- Imputrescible e inoxidable, especialmente conveniente para las circunstancias subterráneas y acuosas.
- Se puede lanzar de molde en cualquier molde-lanza fácilmente el agente, acelera horario de la construcción, acorta período de construcción.
- Alta eficacia de la construcción, buena calidad, peso ligero, convenientes montar y desmontar; reduce los costos laborales debido a la dirección simplificada.
- Larga duración, se podía reutilizar normalmente de 80-100 veces.
- Comportamiento excelente de la preservación del calor, favorable al acortar periodo de construcción.

- Peso ligero, módulo fuerte, de alto-doblez rígido.
- Tenacidad superficial, impacto abrasión-resistente
- Se puede clavar perforar, planeado, molido, procesando, por ejemplo, el serruchado.
- Con estabilidad de la luz ultravioleta, fractura no frágil, fácil de limpiar y mantenimiento
- Reduce tiempos, costos operativos y de transporte, riesgos de los operarios y costos en terminaciones.
- Contribuye a disminuir la tala de bosques.

C.3.1 Encofrado Plástico en columnas redondas y elípticas:

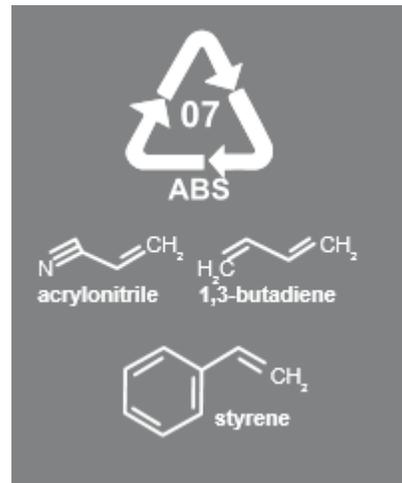
GEOTUB en ABS (Acrilonitrilo Butadieno Stireno), es el primer encofrado en tecno polímero para la construcción de pilares redondos y elípticos: es un sistema completo apto para hormigonados en obra de columnas, tanto urbanas como industriales.

Ligera y modular, GEOTUB es una innovadora idea de encofrado reutilizable, fácil de almacenar y que puede ser limpiado simplemente con agua.

a) Propiedades de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Stireno)

- Alta resistencia mecánica.
- Absorción de impactos.
- Estabilidad térmica (-30°C / + 70°C).
- Calidad superficial muy alta.
- Material Reciclable.

Figura N° 14: Propiedades ABS



Fuente: Ficha técnica Tecno Pvc, 2016

b) Ventajas de Geotub ABS

- Ligereza: Geotub pesa sólo 11 kg y se puede mover rápidamente en la obra sin utilizar grúas u otras maquinarias.
- Velocidad: Ligero y fácil de acoplar, puede ser montado por una sola persona.
- Modulación: Todos los elementos tienen una altura estándar de 60 cm y se acoplan solamente los elementos necesarios para la obra.
- Reutilización: Geotub es económico porque se puede reutilizar más de 100 veces con el adecuado uso y mantenimiento.
- Desencofrado: El hormigón no se adhiere al plástico: el desencofrado es fácil y los paneles se pueden limpiar con agua.
- Almacenaje: Geotub puede ser desmontado completamente y almacenado incluso en lugares húmedos

c) Geotub el encofrado modular (hasta 80 KN/m²)

Tabla 3: Encofrado modular

Material Geotub	TAMAÑO
<ul style="list-style-type: none">• Acrilonitrilo Butadieno Stireno ABS• Coeficiente de expansión térmica 0,05 mm/m/°C	<ul style="list-style-type: none">• Diámetro mínimo 25 cm• Diámetro máximo 100 cm• Altura 60,5 cm

Fuente: Ficha técnica Tecno Pvc, 2016

D) Elementos y accesorios

D.1-Tablas de Dimensiones:

Figura N° 15, 16, 17,18 Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares

Figura N° 15: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares

	GEOTUB Ø25	GEOTUB Ø30	GEOTUB Ø35
tamaño real (cm)	ø25 H60,5	ø30 H60,5	ø35 H60,5
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	2.96	3.69	4.28
tam. paquete (cm)	81x121xH220	93x121xH245	103x121xH226
n° piezas por palé	60	60	50
n° manillas	6	6	7

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 16: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares

	GEOTUB Ø40	GEOTUB Ø45	GEOTUB Ø50
tamaño real (cm)	ø40 H60,5	ø45 H60,5	ø50 H60,5
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	4.78	5.22	5.60
tam. paquete (cm)	114x121xH190	121x123xH233	77x121xH210
n° piezas por palé	40	48	20
n° manillas	7	8	8

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 17: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares

	 GEOTUB Ø60	 GEOTUB Ø70	 GEOTUB Ø80
tamaño real (cm)	ø60 H60,5	ø70 H60,5	ø80 H60,5
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	6.48	8.21	8.97
tam. paquete (cm)	77 x 121 x H235	87 x 121 x H238	97 x 121 x H235
n° piezas por palé	20	18	16
n° manillas	9	10	10

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

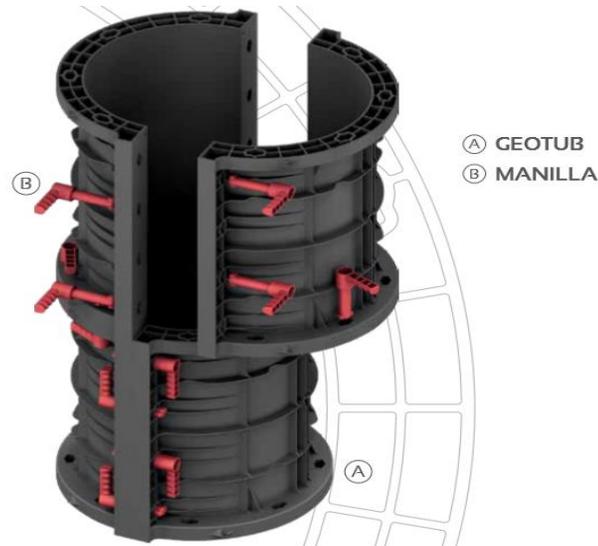
Figura N° 18: Dimensiones encofrado plástico en columnas circulares

	 GEOTUB Ø90	 GEOTUB Ø100	 MANILLA
tamaño real (cm)	ø90 H60,5	ø100 H60,5	
material	ABS	ABS	NYLON
peso (kg)	9.80	10.70	0,1
tam. paquete (cm)	107 x 121 x H253	177 x 121 x H240	200 (bag)
n° piezas por palé	16	14	5000
n° manillas	11	11	

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

e) Composición del sistema Geotub:

Figura N° 19: Composición de Geotub



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

f) Altura de Hormigonado:

Figura N° 20: Composición de Geotub

GEOTUB configuración pilar de 3 m					
	Ø Interior encofrado (mm)	Longitud individual encofrado (mm)	N° elementos para pilar de 3m (m)	N° manillas para pilar de 3m (m)	Altura máxima pilar (cm)
Ø25	250	605	10	60	600
Ø30	300	605	10	60	600
Ø35	350	605	10	70	600
Ø40	400	605	10	70	600
Ø45	450	605	10	80	480
Ø50	500	605	10	80	480
Ø60	600	605	10	90	480
Ø70	700	605	10	100	360
Ø80	800	605	10	100	360
Ø90	900	605	10	110	360
Ø100	1000	605	10	110	360

La imagen a la derecha del cuadro muestra una vista vertical de un sistema Geotub montado en un pilar. Se ven los tubos apilados y las manillas que los conectan, formando una estructura helicoidal.

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

g) Aplicaciones del Geotub en el mundo de la construcción

- Aplicaciones marinas: Como todos los encofrados Geoplast, Geotub es apto en particular cuando el proyecto opera en presencia de agua, condición que hace que el trabajo sea difícil y complicado. En estos casos Geotub es la única solución posible porque está hecho de ABS: con respecto al cartón y al acero, este material no sufre ningún deterioro debido a la exposición a la intemperie. Además, gracias a su ligereza y modulación, el trabajo es mucho más fácil, incluso en condiciones difíciles como las descritas anteriormente.

Figura N° 21: Columna circular Geotub en el mar



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

- Adecuación Sísmica: Para evitar el riesgo de terremotos a menudo hay que ajustar el tamaño de los pilares ampliando su sección. Los encofrados modulares Geotub pueden ser manipulados manualmente y permiten trabajar incluso en los huecos donde los de acero, demasiado pesados, no pueden ser utilizados. Además con las manillas las columnas pueden ser instaladas lateralmente, evitando de esta manera de meter el encofrado desde arriba, como suele pasar con los de cartón.

Figura N° 22: Columna circular Geotub



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

- Restauración de pilares perjudicados: Los pilares perjudicados, en los cuales las barras de refuerzo están expuestas al aire por degradación del hormigón, deben ser restaurados y adecuadamente recubiertos. Con el sistema Geotub es posible realizar este trabajo fácilmente, sobre todo en los edificios ya finalizados donde es imposible meter el encofrado desde arriba (cartón) o mover elementos muy grandes y pesados (acero).

Figura N° 23: Pilares perjudicados restaurados con Geotub

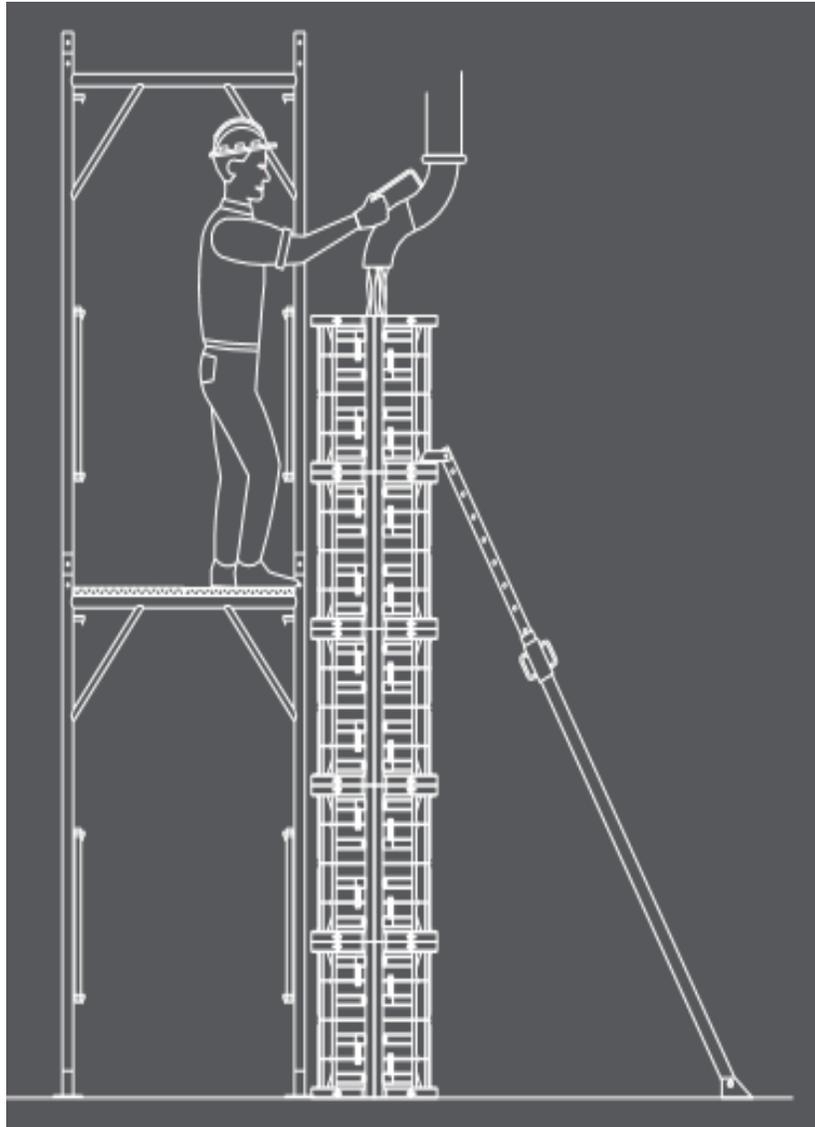


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

h) Requisitos técnicos del Geo panel:

- Apuntalamiento: El apuntalamiento se realiza a través del nodo estabilizador disponible en diferentes tamaños para adaptarse a los puntales disponibles en el mercado.

Figura N° 24: Apuntalamiento en Geo panel



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

- Fisaje al suelo:
Los paneles se fijan al suelo con listones de madera, tirantes o estribos. Este método de Fisaje permite evitar que los paneles se levanten.

Figura 25: Fisaje al suelo en geo panel



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

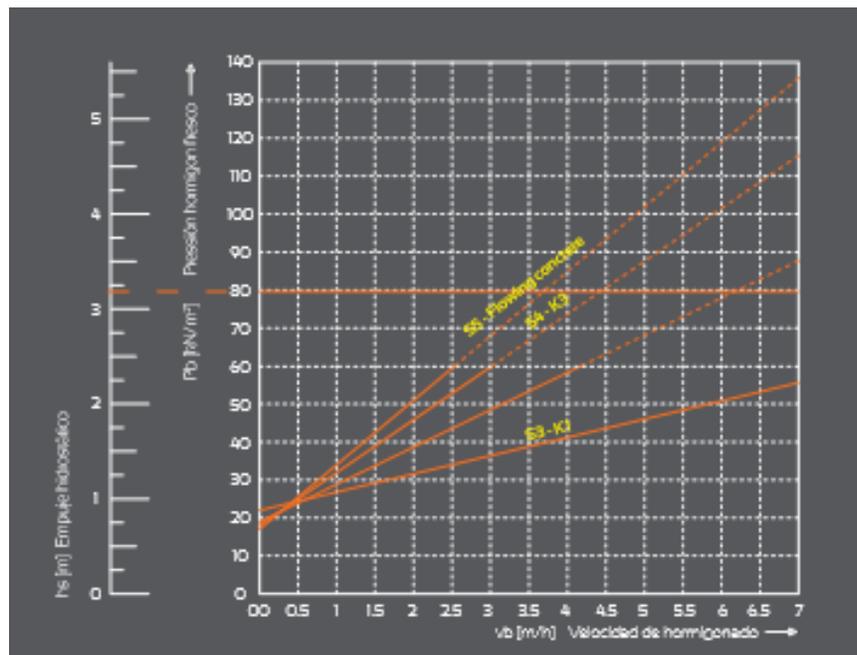
i) Requisitos de Utilización y mantenimiento:

- HORMIGONADO: Se pueden utilizar sólo vibradores de inmersión. El encofrado en ABS no es ignífugo y no debe ser puesto en contacto con objetos calientes o con llama abierta.
- MANIPULACIÓN: Si fuera necesario mover con grúas los paneles ya acoplados, es necesario utilizar el gancho Geo panel después haber controlado que los cables de levantamiento tiren uniformemente.

- **LIMPIEZA DE LOS PANELES:** Después de cada utilización los paneles deben ser limpiados con agua (preferiblemente con hidrolimpiadoras). Se aconseja eliminar los depósitos de hormigón con una espátula o un cepillo de alambre.
- **DESENCOFRANTE:** Hasta que la superficie de los paneles es intacta, no se necesitan desencofrantes o detergentes especiales.
- **ALMACENAJE:** Para facilitar la manipulación y el levantamiento de los paneles y todos accesorios, almacenarlos sobre palés o murales que los levanten del suelo. Aunque el producto no sufra exposición a los elementos, es preferible almacenar los paneles en lugares secos y protegidos de la luz del sol.

j) Diagrama de la velocidad de hormigonado:

Figura N° 26: Velocidad de hormigonado

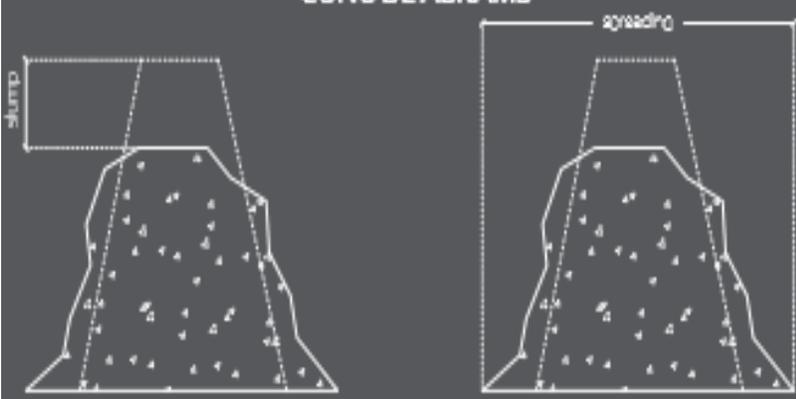


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 27: Consistencia del concreto

Clases de consistencia	UNI EN 206:2006		DIN 18218	
	CLASIFICACIÓN	SLUMP	CLASIFICACIÓN	SPREADING
Humedo	S1	10 - 40 mm		
Plástico	S2	50 - 90 mm	F1 (K1)	≤ 34 cm
Semifluido	S3	100 - 150 mm	F2 (K2)	35 - 41 cm
Fluido	S4	160 - 210 mm	F3 (K3)	42 - 48 cm
Superfluido	S5	≥ 220 mm	F4 (flowing)	49 - 55 cm

CONO DE ABRAMS



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

k) Requisitos de Seguridad:

Las operaciones de colocación, instalación, desencofrado, emplomadura, manipulación y limpieza del producto GEOPANEL, así como el hormigonado, deben ser realizadas por personal competente y cualificado, en cualquier caso bajo el control del administrador de la obra o de un técnico Geoplast SpA, los cuales deben comprobar que:

- Todas operaciones se lleven a cabo de manera profesional,
- Los peones cuenten con los instrumentos adecuados y un equipo de protección personal para cumplir con las normas de seguridad,
- Todos los paneles y accesorios sean controlados antes de su utilización, para eliminar los que no tengan suficientes garantías de fiabilidad debido a la presencia de cualquier rotura y/o deformación,
- La superficie de apoyo del encofrado sea perfectamente plana, para trabajar con la máxima seguridad y garantizar el perfecto apuntalamiento y la emplomadura de los pilares,
- Todos accesorios de conexión, alineación y emplomadura del encofrado estén bien cerrados y fijados al suelo antes del hormigonado.

C.3.1 Encofrado Plástico en columnas cuadradas y rectangulares

Geotub panel es un encofrado en tecno polímero para la construcción de columnas cuadradas y rectangulares.

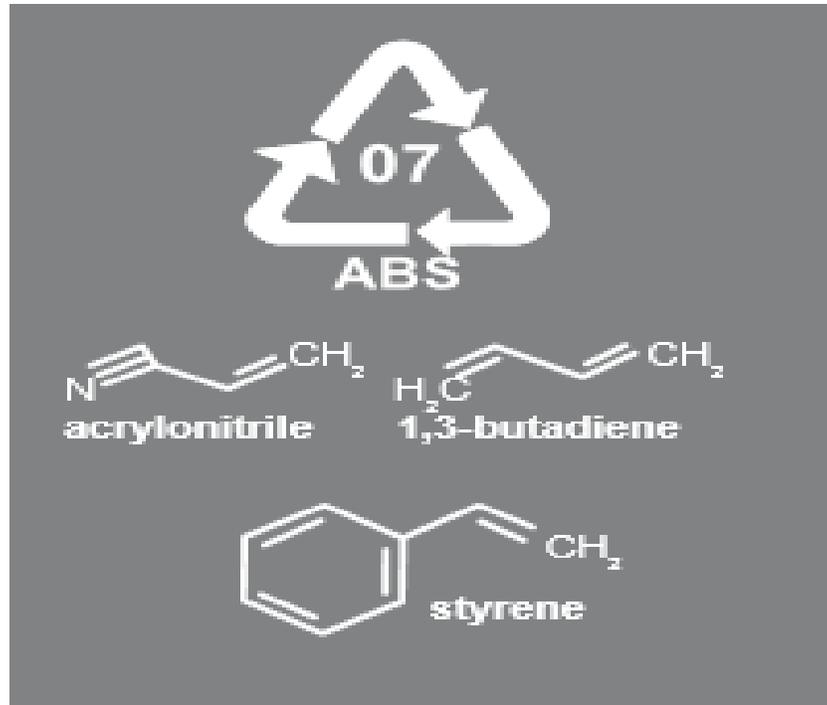
Los paneles son muy ligeros: pueden ser movidos manualmente y acoplados sin dificultades incluso por una sola persona. La superficie interior particularmente lisa del sistema GEOTUB PANEL permite la construcción de pilares y columnas sin utilizar desencofrantes.

a) Propiedades de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Stireno)

- Alta resistencia mecánica.
- Absorción de impactos.
- Estabilidad térmica (-30°C / + 70°C).
- Calidad superficial muy alta.

- Material Reciclable.

Figura N° 28: Propiedades de ABS



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

b) Ventajas de Geotub ABS

- Ligereza: Geotub pesa sólo 11 kg y se puede mover rápidamente en la obra sin utilizar grúas u otras maquinarias.
- Velocidad: Ligero y fácil de acoplar, puede ser montado por una sola persona.
- Modulación: Todos los elementos tienen una altura estándar de 60 cm y se acoplan solamente los elementos necesarios para la obra.
- Reutilización: Geotub es económico porque se puede reutilizar más de 100 veces con el adecuado uso y mantenimiento.
- Desencofrado: El hormigón no se adhiere al plástico: el desencofrado es fácil y los paneles se pueden limpiar con agua.
- Almacenaje: Geotub puede ser desmontado completamente y almacenado incluso en lugares húmedos.

c) Geotub el encofrado modular (hasta 80 KN/m2)

Tabla 4: Encofrado modular

Material Geotub	TAMAÑO
<ul style="list-style-type: none"> •Acrilonitrilo Butadieno Stireno ABS •Coeficiente de expansión térmica 0,05 mm/m/°C 	<ul style="list-style-type: none"> •Diámetro mínimo 25 cm •Diámetro máximo 100 cm •Altura 60,5 cm

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

d) Elementos y accesorios

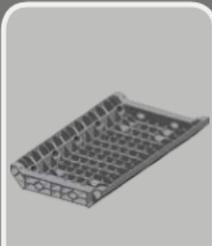
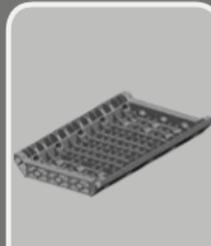
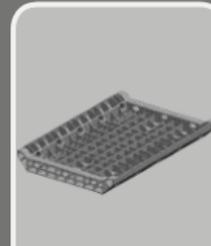
D.1-Tablas de Dimensiones:

Figura N° 29: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares

	GEOTUB PANEL 20	GEOTUB PANEL 23	GEOTUB PANEL 25
tamaño real (cm)	20 x 75 x 6	23 x 75 x 6	25 x 75 x 6
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	3.25	3.63	3.67
tam. paquete (cm)	75 x 120 x H210	93 x 121 x H245	103 x 121 x H226
n° piezas por palé	112	114	96
n° manillas	6	7	7

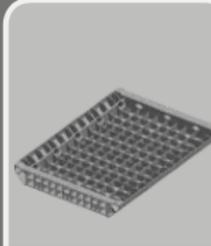
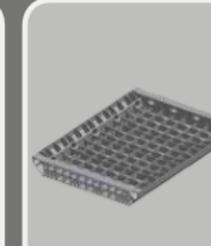
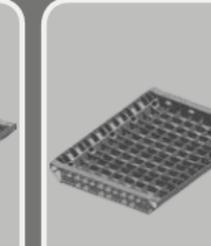
Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 30: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares.

	 GEOTUB PANEL 30	 GEOTUB PANEL 35	 GEOTUB PANEL 40
tamaño real (cm)	30x75x6	35x75x6	40x75x6
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	3.97	4.84	5.32
tam. paquete (cm)	75x120xH230	75x120xH213	75x120xH230
n° piezas por palé	96	80	80
n° manillas	7	8	8

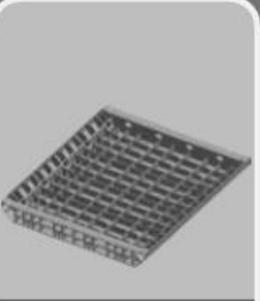
Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 31: Dimensiones Encofrado plástico en columnas cuadradas y rectangulares.

	 GEOTUB PANEL 45	 GEOTUB PANEL 50	 GEOTUB PANEL 55
tamaño real (cm)	45x75x6	50x75x6	45x75x6
material	ABS	ABS	ABS
peso (kg)	6.09	6.56	7.14
tam. paquete (cm)	75x120xH230	75x122xH244	75x135xH210
n° piezas por palé	64	48	48
n° manillas	8	9	9

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura 32: Dimensiones encofrado plástico en columnas rectangulares y cuadradas

		
	GEOTUB PANEL 60	MANILLA
tamaño real (cm)	60x75x6	
materia	ABS	NYLON
peso (kg)	7.49	0,1
tam. paquete (cm)	75x145x208	200 (bag)
n° piezas por palé	48	5000
n° manillas	9	

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

e) Accesorios del sistema Geotub:

Tabla 5: Accesorios del encofrado plástico

			
	MANILLA	TAPÓN 25	TUERCA para barra roscada
PESO (kg)	0.1	0.101	0.370
MATERIAL	NYLON	PE HD	NYLON
			
	DISTANCIADOR 15/20/25/30/35/40	BARRA ROSCADO 75/100/150	
PESO (kg)	0,035 -> 0,070	0,430 -> 2,150	
MATERIAL	PE HD	ACERO	

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Tabla 6: Accesorios del encofrado plástico

	 NODO ESTABILIZADOR	 PLACA ESTABILIZADORA
PESO (kg)	1.180	0,85
MATERIAL	ACERO	ACERO

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

f) Combinación sistema modular personalizable:

Tabla 7: Combinaciones de tamaños en columnas para encofrados plásticos

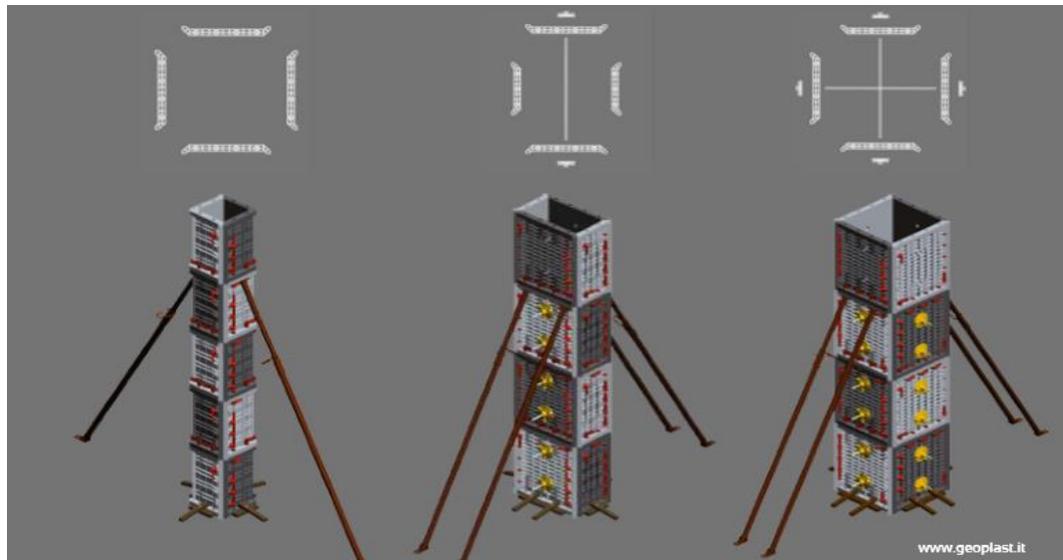
tamaño	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60
20	20 x 20	20 x 23	20 x 25	20 x 30	20 x 35	20 x 40	20 x 45	20 x 50	20 x 55	20 x 60
23		23 x 23	23 x 25	23 x 30	23 x 35	23 x 40	23 x 45	23 x 50	23 x 55	23 x 60
25			25 x 25	25 x 30	25 x 35	25 x 40	25 x 45	25 x 50	25 x 55	25 x 60
30				30 x 30	30 x 35	30 x 40	30 x 45	30 x 50	30 x 55	30 x 60
35					35 x 35	35 x 40	35 x 45	35 x 50	35 x 55	35 x 60
40						40 x 40	40 x 45	40 x 50	40 x 55	40 x 60
45							45 x 45	45 x 50	45 x 55	45 x 60
50								50 x 50	50 x 55	50 x 60
55									55 x 55	55 x 60
60										60 x 60



- H 3 metros - 16 GEOTUB PANEL (8+8 equipados con manillas)
- H 3 metros - 16 GEOTUB PANEL (8+8 equipados con manillas + 6 barras roscadas 1 m + 12 tuercas)
- H 3 metros - 16 GEOTUB PANEL (8+8 equipados con manillas + 12 barras roscadas 1 m + 24 tuercas)

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 33: Combinaciones para distintas medidas de columnas

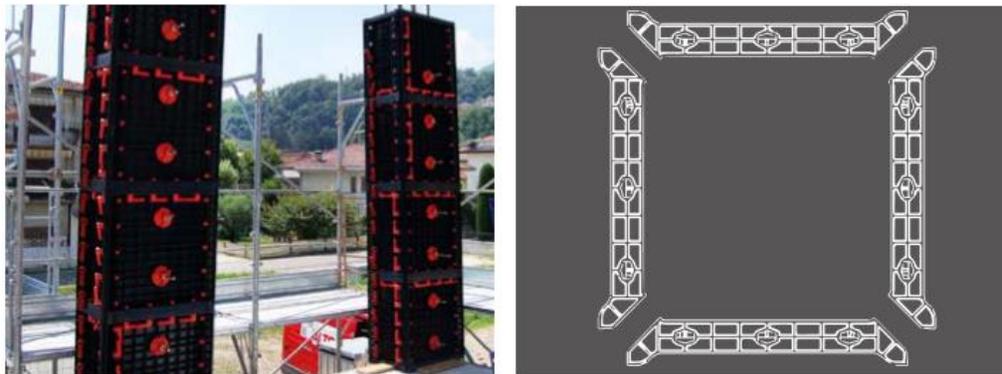


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

g) Pilares Reutilizables

No más paneles de madera o de hierro, sino un único encofrado ligero y rápido de instalar. GEOTUB PANEL es un sistema de encofrados modulares en ABS de alta resistencia que permite construir columnas cuadradas y rectangulares muy rápidamente. No necesita cortes o adaptaciones: se utilizan sólo los elementos necesarios.

Figura N° 34: Encofrados Geotub en columnas cuadradas y rectangulares



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 35: Encofrados Geotub en columnas cuadradas y rectangulares

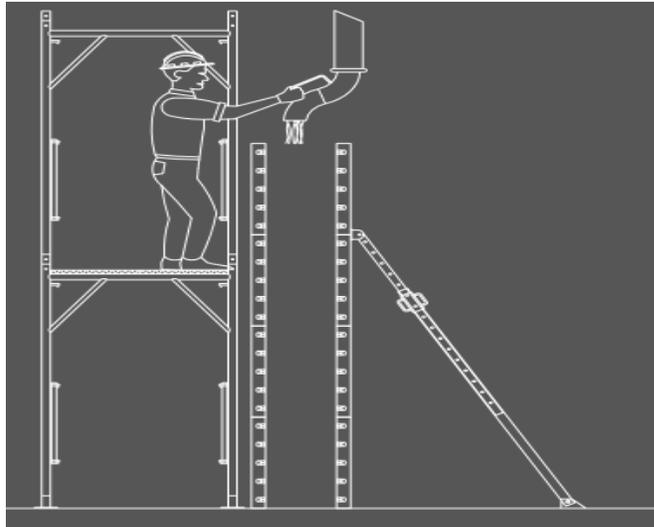


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

h) Requisitos técnicos del Geo panel:

- Apuntalamiento: El apuntalamiento se realiza a través del nodo estabilizador disponible en diferentes tamaños para adaptarse a los puntales disponibles en el mercado.

Figura N° 36: Apuntalamiento en Geo panel

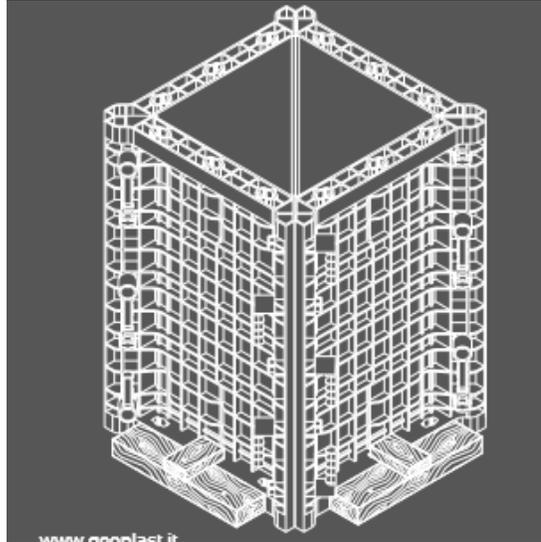


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Fisaje al suelo:

Los paneles se fijan al suelo con listones de madera, tirantes o estribos. Este método de Fisaje permite evitar que los paneles se levanten.

Figura N° 37: Fisaje al suelo en geo panel



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

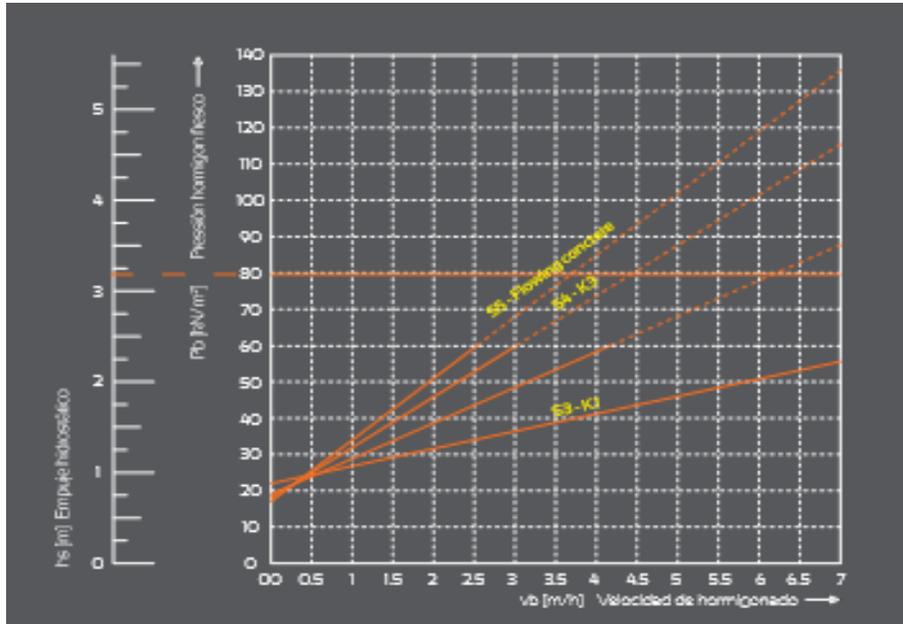
i) Requisitos de Utilización y mantenimiento:

- **HORMIGONADO:** Se pueden utilizar sólo vibradores de inmersión. El encofrado en ABS no es ignífugo y no debe ser puesto en contacto con objetos calientes o con llama abierta.
- **MANIPULACIÓN:** Si fuera necesario mover con grúas los paneles ya acoplados, es necesario utilizar el gancho Geo panel después haber controlado que los cables de levantamiento tiren uniformemente.
- **LIMPIEZA DE LOS PANELES:** Después de cada utilización los paneles deben ser limpiados con agua (preferiblemente con hidrolimpiadoras). Se aconseja eliminar los depósitos de hormigón con una espátula o un cepillo de alambre.
- **DESENCOFRANTE:** Hasta que la superficie de los paneles es intacta, no se necesitan desencofrantes o detergentes especiales.
- **ALMACENAJE:** Para facilitar la manipulación y el levantamiento de los paneles y todos accesorios, almacenarlos sobre palés o murales que

los levanten del suelo. Aunque el producto no sufra exposición a los elementos, es preferible almacenar los paneles en lugares secos y protegidos de la luz del sol.

j) Diagrama de la velocidad de hormigonado:

Figura N° 38: Fisaje al suelo en geo panel

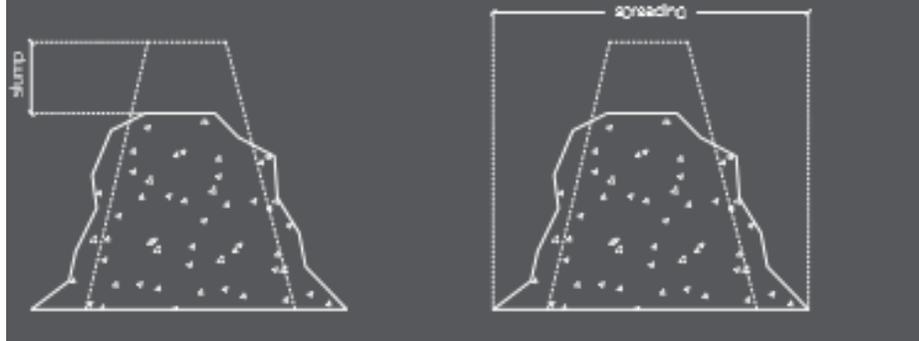


Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 39: Consistencia del concreto

Clases de consistencia	UNI EN 206:2006		DIN 18218	
	CLASIFICACIÓN	SLUMP	CLASIFICACIÓN	SPREADING
Humado	S1	10 - 40 mm		
Plástico	S2	50 - 90 mm	F1 (K1)	≤ 34 cm
Semifluido	S3	100 - 150 mm	F2 (K2)	35 - 41 cm
Fluido	S4	160 - 210 mm	F3 (K3)	42 - 48 cm
Superfluido	S5	≥ 220 mm	F4 (flowing)	49 - 55 cm

CONO DE ABRAMS



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

k) Requisitos de Seguridad:

Las operaciones de colocación, instalación, desencofrado, emplomadura, manipulación y limpieza del producto GEOPANEL, así como el hormigonado, deben ser realizadas por personal competente y cualificado, en cualquier caso, bajo el control del administrador de la obra o de un técnico Geoplast SPA, los cuales deben comprobar que:

- Todas operaciones se lleven a cabo de manera profesional,
- Los peones cuenten con los instrumentos adecuados y un equipo de protección personal para cumplir con las normas de seguridad,
- Todos los paneles y accesorios sean controlados antes de su utilización, para eliminar los que no tengan suficientes garantías de fiabilidad debido a la presencia de cualquier rotura y/o deformación,

- La superficie de apoyo del encofrado sea perfectamente plana, para trabajar con la máxima seguridad y garantizar el perfecto apuntalamiento y la emplomadura de los pilares,
- Todos accesorios de conexión, alineación y emplomadura del encofrado estén bien cerrados y fijados al suelo antes del hormigonado.

2.2.3 Comparación del encofrado plástico en columnas vs sistema tradicional de encofrados

Tabla 8: Tabla comparativa encofrados tradicionales- Plásticos

CARACTERÍSTICAS	SISTEMAS TRADICIONALES	GEOTUB PANEL
Volumen		es modular; longitud estándar 75 cm
Impermeabilidad	10%	100%
Resistencia	LIMITADA	60 kN/m ²
Adherencia al hormigón	Se necesitan desencofrantes	Estando hecho de plástico, GEOTUB PANEL no adhiere al hormigón
Protección	10%	La mejor protección de las columnas hasta el final de la construcción
Aplomadura	Necesita mucho tiempo; a veces no es precisa	Rápida y precisa gracias a la estructura exterior que permite un anclaje y una aplomadura fáciles
Desencofrantes	Necesarios	No necesarios

Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

Figura N° 40: Encofrado plástico en columnas rectangulares vs Encofrado tradicional



Fuente: Ficha técnica Geotub, 2016

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Los costos de encofrado plástico en columnas y vigas disminuyen en 15%, y la eficiencia es superior con respecto a los encofrados tradicionales.

3.2. Operacionalización de variables

Variables dependientes:

- COSTOS
- EFICIENCIA

Tabla N° 9: Operacionalización de variables

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Variable Dependiente:	1. Recurso económico empleado en el encofrado de madera en vigas.	Mano de Obra	H-H	Elaboración de ACU
COSTOS				
Es el que debe pagar la "empresa" por la aplicación y uso de los factores de producción: Mano de Obra, materiales, equipos y/o herramientas. (Franca,2009)	2. Recurso económico empleado en el encofrado plástico en vigas.	Materiales	Incidencia	Elaboración de ACU
	3. Recurso económico empleado en el encofrado de madera en columnas.	Equipos y herramientas	H-M	Elaboración de ACU
		4. Recurso económico empleado en el encofrado plástico en columnas.	Rendimientos	M ² /DÍA

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla N° 10: Operacionalización de variables

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Variable Dependiente: EFICIENCIA				
Refiere a la habilidad, capacidad o posibilidad de alcanzar un objetivo o lograr un fin utilizando la menor cantidad de recursos disponibles. Un comportamiento eficiente es aquel que plantea una estrategia racional y coherente que permite maximizar y optimizar el tiempo los recursos y las decisiones. (Franca,2009)	1. Tiempo de instalación	Tiempo	HORAS	FORMATO
	2. Acabados	Imperfecciones	LISO	FORMATO
			RUGOSO	FORMATO
		Verticalidad	NO POSEE	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación

- No- experimental.
- Descriptiva.
- Transversal.
- Comparativa

4.2. Material.

- Elaboración de formatos para visita de obra.

Figura N° 41: Formato de visita a campo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
TESIS ANALISIS			
FORMATO DE VISITA A CAMPO			
TESISTA:	Neumann Cabrera, Giovanni		
FECHA:	03/10/2016	INICIO:	TÉRMINO

ELEMENTO ESTRUCTURAL:
COLUMNA

CROQUIS

Superficie

Apariencia:

FOTO

TESISTA Neumann Cabrera, Giovanni	ASESOR Ing. Irene Ravines	DIRECTOR DE CARRERA Ing. Orlando Aguilar
--------------------------------------	------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.3. Unidad de estudio.

- Encofrado en vigas y columnas

4.4. Población.

- Columnas y vigas de auditorio, polígono de tiro, poli deportivo, escuela técnica PNP San Bartolo- Lima- Perú.

4.5. Muestra.

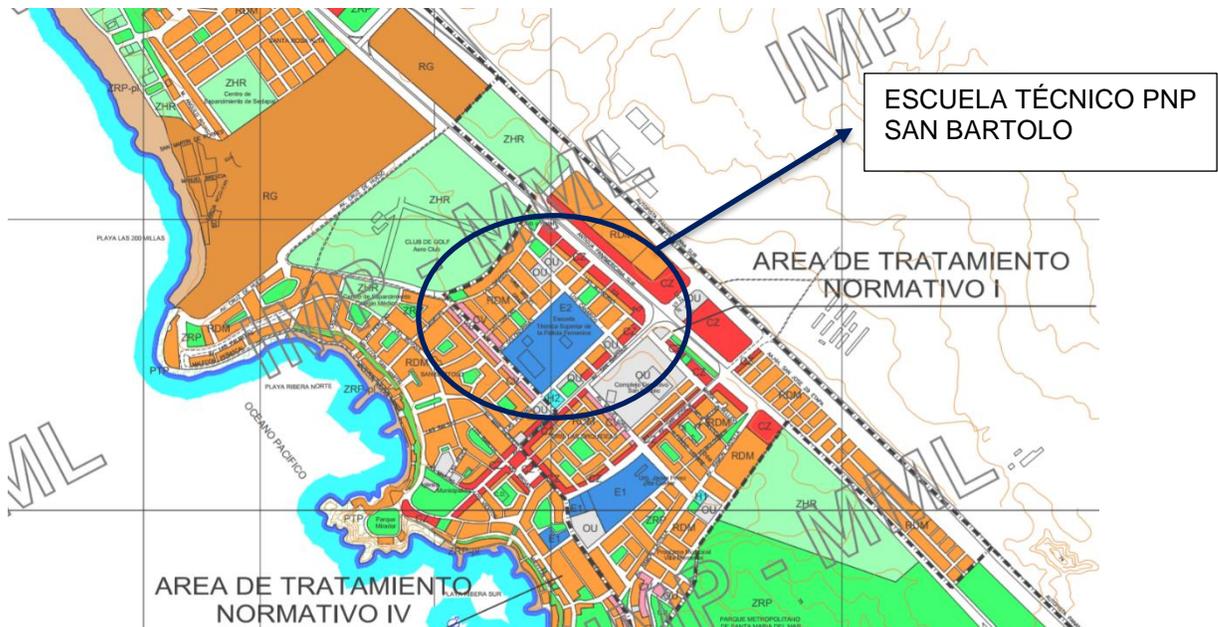
Por conveniencia se ha considerado la obra de construcción en la escuela técnica PNP San Bartolo Lima Perú, las que se describen a continuación:

EDIFICACION 1: CONSTRUCCION ESCUELA TÉCNICO PNP SAN BARTOLO-LIMA PERÚ.

PROPIETARIO: MINISTERIO DEL INTERIOR

UBICACION: AV. EL GOLF S/N ALTURA KM 44 PANAMERICANA SUR.

Figura N° 42: Imagen de Localización de escuela técnico PNP San Bartolo



Fuente: Municipalidad Provincial de San Bartolo.

Figura N° 43: Imagen visita a la escuela técnico PNP San Bartolo



Fuente: Tomada en visita a obra

Figura N° 44: Vista panorámica obra culminada



Fuente: Tomada en visita a obra

Figura N° 45: Ambiente polígono de tiro terminado



Fuente: Tomada en visita a obra

Figura N° 46: Ambiente polideportivo terminado



Fuente: Tomada en visita a obra

Figura 47: Ambiente auditorio terminado



Fuente: Tomada en visita a obra terminada

4.6. Métodos.

4.6.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

La recolección de datos se obtendrá mediante observación y medición de las fallas existentes en formatos elaborados para tal fin, a continuación de anexa

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. Costo unitario para encofrados de madera en columnas:

Para calcular el costo unitario de encofrados de madera necesitamos tener el rendimiento, mano de obra, materiales utilizados en el encofrado de columnas.

- **Rendimiento:** Para el rendimiento del encofrado de madera para columnas tenemos lo establecido por la Cámara Peruana de la Construcción en donde nos dice que el rendimiento promedio es de 10 m²/día.

Tabla N° 11: Rendimiento promedio para columnas en m²/día

Rendimiento para columnas según CAPECO
10 m ² /día

Fuente: Cámara Peruana de la construcción

- **Mano de obra:** Para el cálculo de mano de obra en un encofrado de madera para columnas se necesita conocer la cuadrilla que realizará dicho trabajo para esto Capeco nos da establecido que para columnas se debe utilizar 0.1 Capataz, 01 Operario, 01 Peón.

Para calcular la cantidad de mano de obra requerida para el encofrado de madera para columnas se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cuadrilla} * \text{Número de horas trabajadas}}{\text{Rendimiento}}$$

Luego tenemos que tener el salario de cada uno del personal requerido para realizar el encofrado para la ciudad de Lima actualizado.

Tabla N° 12: Costo promedio por trabajador de construcción civil

Salario para cuadrilla para Lima 2017	
Capataz	S/.26.09
Operario	S/.20.07
Peón	S/.14.81

Fuente: Buenaventura Ingenieros.

Para obtener el precio parcial de mano de obra tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ salarial\ del\ personal$$

- **Materiales:** Necesitamos la cantidad que se consigue de las tablas de incidencias y el precio actualizado de los materiales requeridos para el encofrado de madera para columnas según Capeco. Y para el cálculo de costo parcial de materiales tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ de\ los\ materiales$$

- **Equipos:** Necesitamos conocer los equipos requeridos para realizar un encofrado de madera en columnas según Capeco, para materiales se toma el 3 % del costo parcial de mano de obra.
- **Costo unitario directo por m²:** Se realiza una sumatoria de los costos parciales de mano de obra, materiales y equipos.

$$\sum Precios\ Parciales$$

5.2. Costo unitario para encofrados de madera en vigas:

Para calcular el costo unitario de encofrados de madera necesitamos tener el rendimiento, mano de obra, materiales utilizados en el encofrado de columnas.

- **Rendimiento:** Para el rendimiento del encofrado de madera para vigas tenemos lo establecido por la Cámara Peruana de la Construcción en donde nos dice que el rendimiento promedio es de 9 m²/día.

Tabla N° 13: Rendimiento promedio para vigas por m²/día

Rendimiento para vigas según CAPECO	
9 m ² /día	

Fuente: CAPECO.

- **Mano de obra:** Para el cálculo de mano de obra en un encofrado de madera para vigas se necesita conocer la cuadrilla que realizará dicho trabajo para esto Capeco nos da establecido que para vigas se debe utilizar 0.1 Capataz, 01 Operario, 01 Peón.

Para calcular la cantidad de mano de obra requerida para el encofrado de madera para vigas se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cuadrilla} * \text{Número de horas trabajadas}}{\text{Rendimiento}}$$

Luego tenemos que tener el salario de cada uno del personal requerido para realizar el encofrado para la ciudad de Lima actualizado.

Tabla N° 14: Costo promedio por trabajador de construcción civil

Salario para cuadrilla para Lima 2017	
Capataz	S/.26.09
Operario	S/.20.07
Peón	S/.14.81

Fuente: Buenaventura Ingenieros.

Para obtener el precio parcial de mano de obra tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ salarial\ del\ personal$$

- **Materiales:** Necesitamos la cantidad que se consigue de las tablas de incidencias y el precio actualizado de los materiales requeridos para el encofrado de madera para vigas según Capeco. Y para el cálculo de costo parcial de materiales tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ de\ los\ materiales$$

- **Equipos:** Necesitamos conocer los equipos requeridos para realizar un encofrado de madera en columnas según Capeco, para materiales se toma el 3 % del costo parcial de mano de obra.
- **Costo unitario directo por m²:** Se realiza una sumatoria de los costos parciales de mano de obra, materiales y equipos.

$$Costo\ unitario\ por\ m2 = \sum Precios\ Parciales$$

5.3. Costo unitario para encofrados de plástico en columnas:

Para calcular el costo unitario de encofrados de plástico necesitamos tener el rendimiento, mano de obra, materiales utilizados en el encofrado de columnas.

- **Rendimiento:** Para el rendimiento del encofrado de plástico para columnas tenemos lo establecido por la ficha técnica del encofrado plástico en donde nos dice que el rendimiento promedio es de 18 m²/día.

Tabla N° 15: Rendimiento promedio columnas por m2/día

Rendimiento de encofrado plástico en columnas
18 m ² /día

Fuente: Ficha técnica Tecno Pvc

- **Mano de obra:** Para el cálculo de mano de obra en un encofrado de plástico para columnas se necesita conocer la cuadrilla que realizará dicho trabajo para esto trabajaremos con el personal que trabajo en el encofrado plástico de columnas en la construcción de la escuela técnico PNP San Bartolo, en donde se utilizó, 02 Operario, 01 Peón.

Para calcular la cantidad de mano de obra requerida para el encofrado de plástico para columnas se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cuadrilla} * \text{Número de horas trabajadas}}{\text{Rendimiento}}$$

Luego tenemos que tener el salario de cada uno del personal requerido para realizar el encofrado para la ciudad de Lima actualizado.

Tabla N° 16: Costo promedio por trabajador de construcción civil

Salario para cuadrilla para Lima 2017	
Operario	S/.20.07
Peón	S/.14.81

Fuente: Buenaventura Ingenieros.

Para obtener el precio parcial de mano de obra tenemos la siguiente formula:

$$\text{Parcial} = \sum \text{Cantidad} * \text{Precio salarial del personal}$$

- **Materiales:** En el encofrado plástico se utilizan los paneles para encofrados que ya están armados por tanto este sería el único ítem a tomar en cuenta. Y para el cálculo de costo parcial de materiales tenemos la siguiente formula:

$$\text{Parcial} = \sum \text{Cantidad} * \text{Precio del panel encofrado plástico}$$

- **Equipos:** Necesitamos conocer los equipos requeridos para realizar un encofrado de plástico en columnas según Capeco, para materiales se toma el 3 % del costo parcial de mano de obra.
- **Costo unitario directo por m²:** Se realiza una sumatoria de los costos parciales de mano de obra, materiales y equipos.

$$\text{Costo unitario por m}^2 = \sum \text{Precios Parciales}$$

5.4. Costo unitario para encofrados de plástico en Vigas:

Para calcular el costo unitario de encofrados de plástico necesitamos tener el rendimiento, mano de obra, materiales utilizados en el encofrado de vigas.

- **Rendimiento:** Para el rendimiento del encofrado de plástico para vigas tenemos lo establecido por la ficha técnica del encofrado plástico en donde nos dice que el rendimiento promedio es de 17 m²/día.

Tabla N°17: Rendimiento promedio en vigas por m²/día

Rendimiento de encofrado plástico en vigas
17 m ² /día

Fuente: Ficha técnica Tecno Pvc

- **Mano de obra:** Para el cálculo de mano de obra en un encofrado de plástico para vigas se necesita conocer la cuadrilla que realizará dicho trabajo para esto trabajaremos con el personal que trabajo en el encofrado plástico de columnas en la construcción de la escuela técnico PNP San Bartolo, en donde se utilizó, 01 Operario, 01 Peón.

Para calcular la cantidad de mano de obra requerida para el encofrado de plástico para vigas se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cuadrilla} * \text{Número de horas trabajadas}}{\text{Rendimiento}}$$

Luego tenemos que tener el salario de cada uno del personal requerido para realizar el encofrado para la ciudad de Lima actualizado.

Tabla N°18: Costo promedio por trabajador de construcción civil

Salario para cuadrilla para Lima- Mayo 2017	
Operario	S/.20.07
Peón	S/.14.81

Fuente: Buenaventura Ingenieros.

Para obtener el precio parcial de mano de obra tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ salarial\ del\ personal$$

- **Materiales:** En el encofrado plástico se utilizan los paneles para encofrados que ya están armados por tanto este sería el único ítem a tomar en cuenta. Y para el cálculo de costo parcial de materiales tenemos la siguiente formula:

$$Parcial = \sum Cantidad * Precio\ del\ panel\ encofrado\ plástico$$

- **Equipos:** Necesitamos conocer los equipos requeridos para realizar un encofrado de plástico en columnas según Capeco, para materiales se toma el 3 % del costo parcial de mano de obra.
- **Costo unitario directo por m²:** Se realiza una sumatoria de los costos parciales de mano de obra, materiales y equipos.

$$Costo\ unitario\ por\ m^2 = \sum Precios\ Parciales$$

5.5. Comparación de costo unitario de encofrado de columna de plástico y el encofrado en columna de madera:

Una vez obtenido el costo unitario por metro cuadrado de ambos encofrados en columnas se determinará cual es más económico.

5.6. Comparación de costo unitario de encofrado de viga de plástico y el encofrado en vigas de madera:

Una vez obtenido el costo unitario por metro cuadrado de ambos encofrados en vigas se determinará cual es más económico.

5.7. Verificación de eficiencia del encofrado plástico vs encofrado de madera en columnas y vigas

5.8. Análisis de tiempos de instalación

Para calcular el tiempo de instalación:

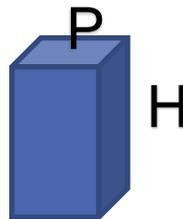
Se elabora un cuadro para el cálculo del tiempo de instalación en donde se tendrá en cuenta las dimensiones, tipos de columnas y vigas, la altura para columnas, el largo para vigas, cantidad, y el rendimiento requerido tanto para encofrados plásticos como para encofrado de madera. Se analizará el tiempo de instalación para cada ambiente donde se usó el encofrado plástico y se lo comparará con el encofrado de madera

- **Cálculo del tiempo de instalación para columnas:**

Para el cálculo del tiempo de instalación se necesita:

Área de encofrado: De acuerdo con las dimensiones de la columna se calcula el perímetro de la base, se multiplica por la altura y la cantidad de columnas existentes en el cada ambiente de la construcción.

Figura N° 48: Estructura considerada para una columna



Fuente: Elaboración propia

$$P = 2. B + 2. A$$

$$Ae = P. H. Cc$$

P: Perímetro de la columna(m)

B: Longitud de la base de la columna(m)

A: Longitud del ancho de la columna(m)

Ae: Área de encofrado(m²)

H: Altura de la columna(m)

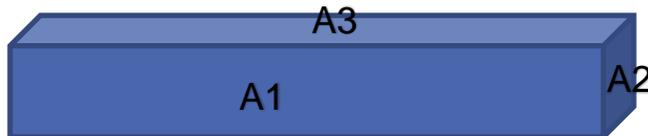
Cc: Cantidad de Columnas

- **Cálculo del rendimiento de mano de obra en Vigas:**

Para el cálculo del rendimiento de mano de obra se necesita:

Área de encofrado: De acuerdo con las dimensiones de la viga se calcula el área de las caras a encofrar y se las suma para obtener el área total de encofrado.

Figura N° 49: Estructura considerada para una viga.



Fuente: Elaboración propia

$$Ae = A1 + A2 + A3$$

Ae: Área total del encofrado para vigas.

A1: Área de la cara 1 de la viga

A2: Área de la cara 2 de la viga

A3: Área de la cara 3 de la viga.

- **Cálculo de tiempo de instalación:** Se tiene en cuenta el rendimiento que está establecido tanto para el encofrado plástico como para el de madera en vigas y una vez obtenida el área total de encofrado por ambiente para vigas se obtiene el tiempo de instalación.

$$T_i = \frac{A_e}{R_e}$$

T_i: Tiempo de instalación(días)

A_e: Área del encofrado total por ambiente(m²)

R_e: Rendimiento establecido para encofrados plásticos y de madera(m²/día).

5.9. Análisis de acabados de encofrados plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas.

5.9.1.1. Análisis de imperfecciones.

Para hacer el análisis de imperfecciones de columnas y vigas, se elaboró un formato de observación para ambientes donde se utilizó el encofrado plástico teniendo en cuenta como parámetros para medir imperfecciones el tipo de superficie que se originó luego de desencofrar. Donde la superficie lisa es considerada óptima y la rugosa estándar.

5.9.1.2. Análisis de verticalidad.

Para hacer el análisis de verticalidad en columnas y vigas, se elaboró un formato de observación para ambientes donde se utilizó el encofrado plástico teniendo en cuenta como parámetros para medir imperfecciones la verticalidad obtenida luego que se originó luego de desencofrar.

CAPÍTULO 6. Resultados

6.1. Costos

6.1.1.1. Análisis de costos unitarios en encofrados de madera para columnas

Tabla N° 19: Análisis de costo unitario por m² en encofrado de columnas

Encofrado de Madera en columnas		Costo unitario directo por m ²		S/41.9494	
			Rend.	10 m ²	
Mano de obra	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1	0.8000	20.0700	16.0560
Peón	hh	1	0.8000	14.8100	11.8480
					27.9040
Materiales	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Petroleo D2	gl		0.0500	13.2000	0.6600
Alambre negro recocido n° 8	kg		0.3050	4.0000	1.2200
Clavos para madera con cabeza de 3"	kg		0.1500	4.0000	0.6000
Clavos para madera con cabeza de 4"	kg		0.1000	4.0000	0.4000
Madera tornillo	p2		3.2276	3.2000	10.3283
					13.2083
Equipos	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas	% mo		3%	27.9040	0.83712
					0.8371

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En la siguiente tabla se muestra el ACU por m² para el encofrado de madera en columnas considerando como parámetros para su cálculo, Rendimiento, Mano de obra materiales y equipos, todo este cálculo establecido ya por CAPECO.

6.1.1.2. Análisis de costos unitarios en encofrados de madera para vigas.

Tabla N° 20: Análisis de costo unitario por m² en encofrado de vigas

Encofrado de Madera en vigas		Costo unitario directo por m ² S/42.0655			
			Rend.	g m ²	
Mano de obra	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1	0.8889	20.0700	17.8400
Peón	hh	1	0.8889	14.8100	13.1644
					31.0044
Materiales	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Petroleo D2	gl		0.0500	13.2000	0.6600
Alambre negro recocido n° 8	kg		0.3050	4.0000	1.2200
Clavos para madera con cabeza de 3"	kg		0.1500	4.0000	0.6000
Clavos para madera con cabeza de 4"	kg		0.1000	4.0000	0.4000
Madera tornillo	p2		2.2659	3.2000	7.2509
					10.1309
Equipos	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas	% mo		3%	31.0044	0.9301
					0.9301

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En la siguiente tabla se muestra el ACU por m² para el encofrado de madera en vigas considerando como parámetros para su cálculo, Rendimiento, Mano de obra materiales y equipos, todo este cálculo establecido ya por CAPECO.

6.1.1.3. Análisis de costos unitarios en encofrados plásticos para columnas

Tabla N° 21: Análisis de costo unitario por m² en encofrado de columnas

Encofrado de plástico en columnas		Costo unitario directo por m ²		S/62.5073	
		Rend.		18 m ²	
Mano de obra	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1	0.4444	20.0700	8.9200
Peón	hh	1	0.4444	14.8100	6.5822
					15.5022
Equipos	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas	% mo		3%	15.5022	0.4651
					0.4651
Sub Contrata	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
alquiler encofrado plástico de columna	m ²		1.000	46.5400	46.5400
					46.540

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En la siguiente tabla se muestra el ACU por m² para el encofrado plástico en columnas considerando como parámetros para su cálculo, Rendimiento, Mano de obra equipos y una sub partida de alquiler del panel para encofrado plástico en donde se coloca un precio global del precio del alquiler proporcionado en la cotización.

6.1.1.4. Análisis de costos unitarios en encofrados plásticos para vigas

Tabla N° 22: Análisis de costo unitario por m² en encofrado de vigas

Encofrado de Madera en Vigas		Costo unitario directo por m ²			S/56.9246
			Rend.	17 m ²	
Mano de obra	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	2	0.9412	20.0700	18.8894
Peón	hh	1	0.4706	14.8100	6.9694
					25.8588
Equipos	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	
Herramientas	% mo		3%	25.8588	0.7758
					0.7758
Sub Contrata	und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	
Alquiler encofrado plastico para vigas	m ²		1	30.2900	30.2900
					30.2900

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En la siguiente tabla se muestra el ACU por m² para el encofrado plástico en vigas considerando como parámetros para su cálculo, Rendimiento, Mano de obra equipos y una sub partida de alquiler del panel para encofrado plástico en donde se coloca un precio global del precio del alquiler proporcionado en la cotización.

6.1.1.5. Cuadro comparativo de costo unitario por m² en encofrados plásticos vs encofrados de madera.

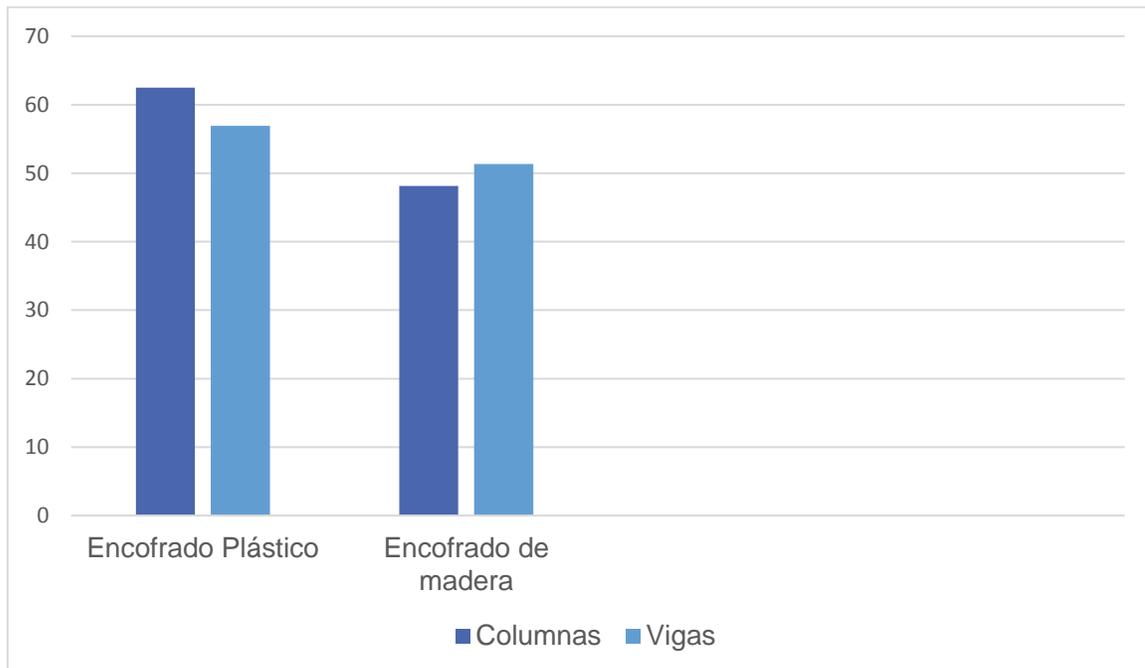
Tabla N° 23: Cuadro comparativo costos encofrados plásticos vs encofrados de madera

TIPO DE ENCOFRADO	Costo unitario por m ²	
	COLUMNA(S/.)	VIGAS(S/.)
MADERA	41.95	42.07
PLÁSTICO	62.51	56.92

Fuente: Elaboración propia, 2017

6.1.1.6. Gráfico de comparación de costos unitarios por m² de encofrados plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas.

Gráfico N° 1: Gráfico de comparación de costos unitarios por m² de encofrados plásticos vs encofrados de madera en columnas y vigas



Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En el siguiente gráfico se muestra la comparación de costos unitarios por m² en nuevos soles (S/.) entre encofrados plásticos y los encofrados de madera para columnas y vigas.

6.2. Eficiencia

6.2.1.1. Tiempo de instalación

- Auditorio

Tabla N° 24: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE	AUDITORIO									
ELEMENTO	COLUMNAS									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de columnas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de columnas con encofrados de madera(días)
	C1	0.4	1.6	2.7	4	17.28	18	10	2.46	4.43
		0.4								
	C2	0.4	2	2.7	1	5.4	18	10	2.46	4.43
		0.6								
	C3	0.3	2	2.7	2	10.8	18	10	2.46	4.43
		0.7								
	C4	0.6	2	2.7	2	10.8	18	10	2.46	4.43
		0.4								
				Total de Columnas	9	44.28				

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de columna en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 44.47% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

Tabla N° 25: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE ELEMENTO	AUDITORIO VIGAS									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de vigas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de vigas con encofrados de madera(días)
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	17	9	10.03	18.94
		1.2	5.8 17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	17	9	10.03	18.94
		1.2	5.8 17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	17	9	10.03	18.94
		0.9	3.885 9.99							
				Total de	8	170.46				

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de vigas en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 47.04% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

- **Polideportivo**

Tabla N° 26: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE ELEMENTO	POLIDEPORTIVO COLUMNAS													
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de columnas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de columnas con encofrados de madera(días)				
	C2	0.25	1.1	2.7	4	11.88	18	10	15.405	27.729				
		0.3												
	C3	0.15	0.9	2.7	44	106.92								
		0.3												
	C4	0.3	0.9	2.7	51	123.93								
		0.15												
	C6	0.4	1.6	2.7	8	34.56								
		0.4												
				Total de	107	277.29								

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de columnas en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 44.43% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

Tabla N° 27: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO									
ELEMENTO	VIGAS									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de vigas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de vigas con encofrados de madera(días)
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	17	9	0.6114706	1.155
		0.6	1.2375 2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	17	9	0.6114706	1.155
		0.6	0.45 1.08							
				Total de vigas	3	10.395				

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de vigas en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 47.41% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

- POLÍGONO DE TIRO**

Tabla N° 28: Cálculo del tiempo de instalación en columnas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO									
ELEMENTO	COLUMNAS									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de columnas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de columnas con encofrados de madera(días)
	C3	0.25	1.5	2.7	4	16.2	18	10	1.485	2.673
		0.5								
	C4	0.4	1.3	2.7	3	10.53	18	10	1.485	2.673
		0.25								
				Total de Columnas	7	26.73				

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de columnas en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 44.19% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

Tabla 29: Cálculo del tiempo de instalación en vigas para encofrados plásticos vs encofrados de madera

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO									
ELEMENTO	VIGAS									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Rendimiento(m ² /día) para plástico	Rendimiento(m ² /día) para madera	tiempo de instalación de columnas con encofrados plásticos(días)	tiempo de instalación de columnas con encofrados de madera(días)
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	17	9	9.4182353	17.79
		1.45	4.5							
			21.75							
				Total de vigas	6	160.11				

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra el tipo de vigas en la que se utilizaron encofrados plásticos junto a sus características, su área de encofrado, los rendimientos correspondientes a cada tipo de encofrado analizado y la comparación de tiempos del encofrado plástico vs el encofrado de madera. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 47.05% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera.

6.2.1.2. Resumen de Datos con respecto a la eficiencia.

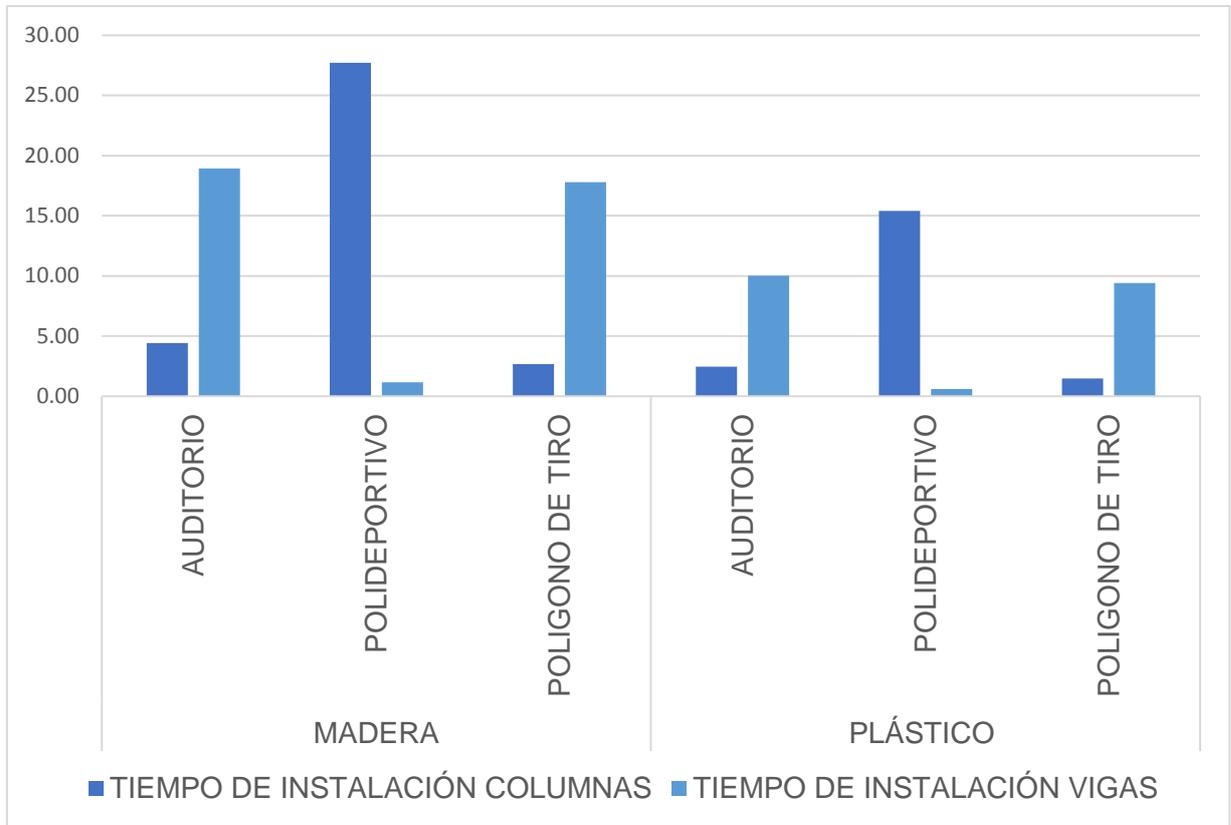
Tabla N° 30: Cuadro comparativo de la eficiencia del encofrado plástico vs encofrado de madera

AMBIENTE	MATERIAL	EFICIENCIA COLUMNAS				EFICIENCIA VIGAS			
		TIEMPO	PORCENTAJES	ACABADOS		TIEMPO	PORCENTAJES	ACABADOS	
				IMPERFECCIONES	VERTICALIDAD			IMPERFECCIONES	VERTICALIDAD
AUDITORIO	MADERA	4.43	100	RUGOSO	POSEE	18.94	100	RUGOSO	POSEE
POLIDEPORTIVO		27.73				1.16			
POLIGONO DE TIRO		2.67				17.79			
TIEMPO TOTAL		34.83				37.89			
AUDITORIO	PLÁSTICO	2.46	55.56	LISO	POSEE	10.03	52.94	LISO	POSEE
POLIDEPORTIVO		15.41				0.61			
POLIGONO DE TIRO		1.49				9.42			
TIEMPO TOTAL		19.35				20.06			

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En el siguiente cuadro se muestra la eficiencia (tiempo de instalación, acabados) tanto de encofrados plásticos como los de madera en columnas y vigas. Teniendo que en el encofrado plástico disminuye un 44.05% de tiempo de instalación frente al encofrado de madera en todos los ambientes tomados en cuenta para esta investigación, el encofrado plástico posee un acabado liso frente al encofrado de madera que es rugoso, ambos tipos de encofrados presentan buena verticalidad.

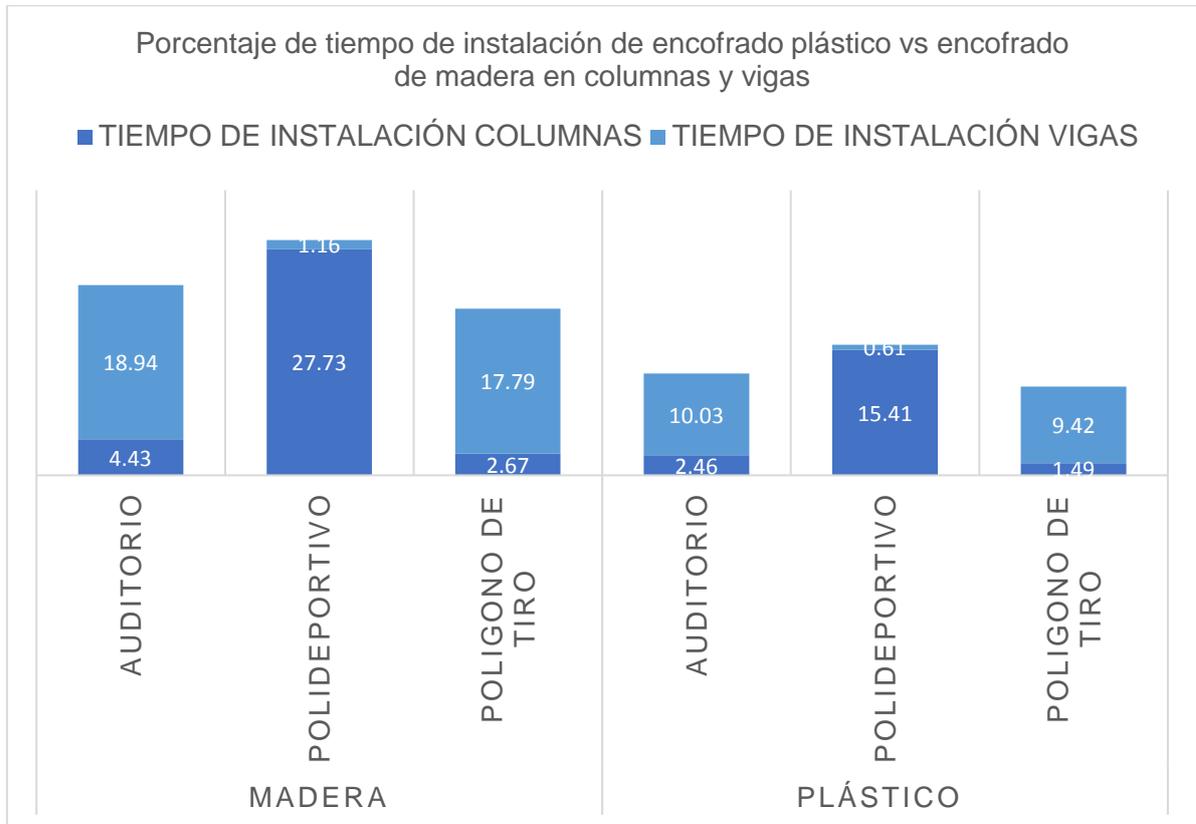
Gráfico N° 2: Grafico comparativo del tiempo de instalación para encofrados plásticos vs encofrados de madera.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En el siguiente gráfico se muestra la comparación del tiempo de instalación(días) del encofrado de madera vs el encofrado plástico en columnas y vigas.

Gráfico N° 3: Grafico comparativo del porcentaje del tiempo de instalación.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Nota: En el siguiente gráfico se muestra la comparación del tiempo de instalación (porcentaje %) del encofrado de madera vs el encofrado plástico en columnas y vigas.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

- El Arq. Jorge Cobeña Solis, Supervisor Comercial de Mexichem Ecuador S.A. (Plastigama), comenta que los paneles modulares plásticos son, “un producto amigable con el medio ambiente, resistente a las altas presiones de carga del hormigón y reduce significativamente algunos valores en obra” (Master, 2012) comparando con los datos de la presente investigación se determinan resultados similares ya que los acabados observados son más lisos con respecto a los encofrados de madera y no presentan problemas de verticalidad.
- Según la tesis denominada “Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de lima” Oribe (2014) realizó una investigación que consistió en analizar costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de Lima determinando que el costo era de S/.65.25 para columnas S/. 104.65, en comparación con los costos de encofrados plásticos que para nuestro caso son para columnas S/.62.51 y para vigas S/ 56.91, se observa que los encofrados plásticos son una buena alternativa además de reducir los tiempos de instalación en 19.35 días para columnas y 20.06 días para vigas.
- Según Baldo, 2015 en su artículo “Encofrados de plástico reutilizables, otra opción de obra” indica que el sistema se arma y se desarma de forma sencilla, solamente poniendo o sacando una manija en los paneles. Se trata de una única herramienta universal, de color rojo, sin ubicación fija, que simplemente se gira 90° para trabar y destrabar”, explica Andrés Corti, de Concreplast. Y aclara que la fijación y el aplome del sistema de encofrado plástico se realizan de manera tradicional, con puntales apoyados. “Recomendamos echar mano a los mismos elementos que ya se estén usando en la obra”, en la presente investigación se llegan a conclusiones similares ya que de acuerdo a mis resultados se han disminuido las imperfecciones y se ha mantenido la verticalidad, características para un buen encofrado.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

1. Al analizar los resultados se ha obtenido que los costos unitarios de encofrados plásticos para columnas son de S/.62.51 y para vigas son de S/.56.91 lo que refuta la hipótesis parcialmente con respecto a los costos, mientras que con respecto a la eficiencia si se cumple ya que los encofrados plásticos no presentan superficies rugosas ni problemas de verticalidad como si sucede con los encofrados de madera.
2. Con respecto al tiempo analizado se observa disminución de tiempos de instalación lográndose disminuir de 34.83 días con madera a 19.35 días con plástico para columnas, en el caso vigas de 37.89 días con madera a 20.06 días con plástico.
3. Comparando los costos unitarios de un encofrado de madera que son de S/.41.95 para columnas y de S/.42.07 para vigas, el de encofrado plástico son de S/. 62.51 para columnas y de S/. 56.92 para vigas, los metálicos son de S/.65.25 para columnas y de S/.104.65, se observa que el que el encofrado de madera mantiene los costos más bajos pero su eficiencia con respecto a tiempo de instalación, tipo de superficie obtenida luego de quitar el panel de encofrado y verticalidad lo superan ampliamente.
4. Comparando los rendimientos promedios establecidos para cada tipo de encofrado, tenemos que el de madera es el más bajo con 10 m²/día para columnas y de 9 m²/día para vigas, seguido por el encofrado metálico con 15 m²/día para columnas y de 14 m²/día para vigas y el encofrado con más alto rendimiento es el plástico con 18 m²/día para columnas y 17 m²/día para vigas.
5. Se debe utilizar el encofrado plástico de acuerdo a sus especificaciones térmicas para evitar problemas de expansión.

CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio de encofrados en la zona de Cajamarca con el fin de establecer el mejor tipo de encofrado.
2. Evaluar resistencia en laboratorio con el fin de establecer el número de uso promedio de encofrados plásticos.

CAPÍTULO 10. BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Baldo, P. (26 de Junio de 2015). ENCOFRADOS DE PLÁSTICOS REUTILIZABLES, OTRA OPCIÓN DE OBRA. Obtenido de Clarin: http://arq.clarin.com/construccion/Encofrados-plastico-reutilizables_0_1381062409.html
2. CAPECO. (2016). *COSTOS Y PRESUPUESTOS EN EDIFICACIONES*. LIMA.
3. Chaba, D. Y. (2010). *CLASIFICACIÓN UTILIZACIÓN E IMPORTANCIA DE LOS ENCOFRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN*.
4. Franca, F. (2009). *METRADOS COSTOS Y PRESUPUESTOS*.
5. Master, W. (2012). *ENCOFRADOS PLÁSTICOS QUE REVOLUCIONAN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*.
6. Yosep, B. O. (2014). *ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS CONVENCIONALES EN LA CIUDAD DE LIMA*.
7. YOSEP, B. O. (2014). *ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS CONVENCIONALES EN LA CIUDAD DE LIMA*.

ANEXOS

CÁLCULO DE APORTES UNITARIOS DE MADERA PARA VIGAS Y COLUMNAS.

a. Columnas.
a.1 Auditorio:

Tabla 31: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 ½" X 8 "

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Tablonos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 1/2"x8"	N° de usos tablonos 1 1/2"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	C1	0.4	1.6	2.7	4	17.28	3.2800	7	1.8743	0.1085
		0.4								
	C2	0.4	2	2.7	1	5.4	3.2800	7	0.4686	0.0868
		0.6								
	C3	0.3	2	2.7	2	10.8	3.2800	7	0.9371	0.0868
		0.7								
	C4	0.6	2	2.7	2	10.8	3.2800	7	0.9371	0.0868
		0.4								
									Total	0.3688

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 32: Cuadro de aporte unitario de barrotes de 7 marcos de 2" x 4 "

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Barrotes de 7 marcos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barrotes 2"x4"	N° de usos Barrotes 2"x4"	Barrotes en p ²	Cantidad Barrotes para 1 m ² en p ²
	C1	0.4	1.6	2.7	4	17.28	2.1867	7	1.2495	0.0723
		0.4								
	C2	0.4	2	2.7	1	5.4	2.1867	7	0.3124	0.0578
		0.6								
	C3	0.3	2	2.7	2	10.8	2.1867	7	0.6248	0.0578
		0.7								
	C4	0.6	2	2.7	2	10.8	2.1867	7	0.6248	0.0578
		0.4								
									Total	0.2459

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 33: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Pies derechos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies Derechos 2"x3"	Nº de usos Pies Derechos 2"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²
	C1	0.4	1.6	2.7	4	17.28	1.6400	10	0.6560	0.0380
		0.4								
	C2	0.4	2	2.7	1	5.4	1.6400	10	0.1640	0.0304
		0.6								
	C3	0.3	2	2.7	2	10.8	1.6400	10	0.3280	0.0304
		0.7								
	C4	0.6	2	2.7	2	10.8	1.6400	10	0.3280	0.0304
		0.4								
									Total	0.1291

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 34: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3" x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Estacas								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Estacas 3"x3"	N° de usos Estacas 3"x3"	Estacas en p ²	Cantidad Estacas para 1 m ² en p ²
	C1	0.4	1.6	2.7	4	17.28	2.4600	10	0.9840	0.0569
		0.4								
	C2	0.4	2	2.7	1	5.4	2.4600	10	0.2460	0.0456
		0.6								
	C3	0.3	2	2.7	2	10.8	2.4600	10	0.4920	0.0456
		0.7								
	C4	0.6	2	2.7	2	10.8	2.4600	10	0.4920	0.0456
		0.4								
									Total	0.1936

Fuente: Elaboración propia, 2017

a.2 Polideportivo

Tabla 35: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 1/2" x 8"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Tablonos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 1/2"x8"	Nº de usos tablonos 1 1/2"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	C2	0.25	1.1	2.7	4	11.88	3.2800	7	1.8743	0.1578
		0.3								
	C3	0.15	0.9	2.7	44	106.92	3.2800	7	20.6171	0.1928
		0.3								
	C4	0.3	0.9	2.7	51	123.93	3.2800	7	23.8971	0.1928
		0.15								
	C6	0.4	1.6	2.7	8	34.56	3.2800	7	3.7486	0.1085
		0.4								
									Total	0.6519

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 36: Cuadro de aporte unitario de barros de 7 marcos de 2" x 4"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Barros de 7 marcos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barros 2"x4"	N° de usos Barros 2"x4"	Barros en p ²	Cantidad Barros para 1 m ² en p ²
	C1	0.25	1.1	2.7	4	11.88	2.1867	7	1.2495	0.1052
		0.3								
	C2	0.15	0.9	2.7	44	106.92	2.1867	7	13.7448	0.1286
		0.3								
	C3	0.3	0.9	2.7	51	123.93	2.1867	7	15.9314	0.1286
		0.15								
	C4	0.4	1.6	2.7	8	34.56	2.1867	7	2.4990	0.0723
		0.4								
									Total	0.4346

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 37: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Pies derechos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies Derechos 2"x3"	N° de usos Pies Derechos 2"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²
	C1	0.25	1.1	2.7	4	11.88	1.6400	10	0.6560	0.0552
		0.3								
	C2	0.15	0.9	2.7	44	106.92	1.6400	10	7.2160	0.0675
		0.3								
	C3	0.3	0.9	2.7	51	123.93	1.6400	10	8.3640	0.0675
		0.15								
	C4	0.4	1.6	2.7	8	34.56	1.6400	10	1.3120	0.0380
		0.4								
									Total	0.2282

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 38: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3" x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Estacas								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Estacas 3"x3"	N° de usos Estacas 3"x3"	Estacas en p ²	Cantidad Estacas para 1 m ² en p ²
	C1	0.25	1.1	2.7	4	11.88	2.4600	10	0.9840	0.0828
		0.3								
	C2	0.15	0.9	2.7	44	106.92	2.4600	10	10.8240	0.1012
		0.3								
	C3	0.3	0.9	2.7	51	123.93	2.4600	10	12.5460	0.1012
		0.15								
	C4	0.4	1.6	2.7	8	34.56	2.4600	10	1.9680	0.0569
		0.4								
									Total	0.3422

Fuente: Elaboración propia, 2017

a.3 Polígono de Tiro

Tabla 39: Cuadro de aporte unitario de tablonos de 1 ½" x 8"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Tablonos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 ½"x8"	Nº de usos tablonos 1 ½"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	C3	0.25	1.5	2.7	4	16.2	3.2800	7	1.8743	0.1157
		0.5								
	C4	0.4	1.3	2.7	3	10.53	3.2800	7	1.4057	0.1335
		0.25								
									Total	0.2492

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 40: Cuadro de aporte unitario de barros de 7 marcos de 2" x 4"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Barros de 7 marcos								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barros 2"x4"	Nº de usos Barros 2"x4"	Barros en p ²	Cantidad Barros para 1 m ² en p ²
	C3	0.25	1.5	2.7	4	16.2	2.1867	7	1.2495	0.0771
		0.5								
	C4	0.4	1.3	2.7	3	10.53	2.1867	7	0.9371	0.0890
		0.25								
									Total	0.1661

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 41: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 2" x 3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales									
ELEMENTO	COLUMNAS	Pies derechos									
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies Derechos 2"x3"	N° de usos Pies Derechos 2"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²	
	C3	0.25	1.5	2.7	4	16.2	1.6400	10	0.6560	0.0405	
		0.5									
	C4	0.4	1.3	2.7	3	10.53	1.6400	10	0.4920	0.0467	
		0.25									
									Total	0.0872	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 42: Cuadro de aporte unitario de estacas de 3"x 3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	COLUMNAS	Estacas								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Perímetro(m)	Altura(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Estacas 3"x3"	Nº de usos Estacas 3"x3"	Estacas en p ²	Cantidad Estacas para 1 m ² en p ²
	C3	0.25	1.5	2.7	4	16.2	2.4600	10	0.9840	0.0607
		0.5								
	C4	0.4	1.3	2.7	3	10.53	2.4600	10	0.7380	0.0701
		0.25								
									Total	0.1308

Fuente: Elaboración propia, 2017

a.4 Cuadro resumen.

Tabla 43: Cuadro de aporte unitario total para madera tornillo en columnas

Ambiente	Cantidad madera tornillo en columnas para 1 m ² en p ²
Auditorio	0.9373
Polideportivo	1.6569
Polígono de Tiro	0.6334
Total	3.2276

Fuente: Elaboración propia, 2017

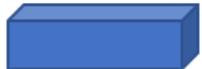
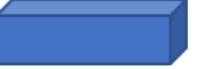
b. Vigas
b.1 Auditorio

Tabla 44: Cuadro de aporte unitario de tablonos de tablonos de 1 1/2" x 8 "

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tablonos 1 1/2"x8"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 1/2"x8"	N° de usos tablonos 1 1/2"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	3.2800	7	1.4057	0.0198
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	3.2800	7	1.4057	0.0198
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	3.2800	7	0.9371	0.0330
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0726

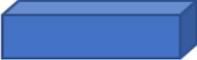
Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 45: Cuadro de aporte unitario de barros de 2"x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Barros 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barros 2"x3"	N° de usos Barros 2"x3"	Barros en ² p	Cantidad Barros para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	7	0.7029	0.0099
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	7	0.7029	0.0099
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	1.6400	7	0.4686	0.0165
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0363

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 46: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Soleras 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Soleras 2"x3"	N° de usos Soleras 2"x3"	Soleras en p ²	Cantidad Soleras para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	7	0.7029	0.0099
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	7	0.7029	0.0099
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	1.6400	7	0.4686	0.0165
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0363

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 47: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tornapuntas 1 1/2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tornapuntas 1 1/2"x3"	N° de usos Tornapuntas 1 1/2"x3"	Tornapuntas en p ²	Cantidad Tornapuntas para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.2300	6	0.6150	0.0087
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.2300	6	0.6150	0.0087
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	1.2300	6	0.4100	0.0144
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0318

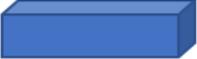
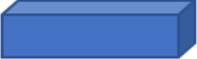
Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 48: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cabezales 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cabezales 3"x3"	N° de usos Cabezales 3"x3"	Cabezales en p ²	Cantidad Cabezales para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	2.4600	7	1.0543	0.0148
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	2.4600	7	1.0543	0.0148
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	2.4600	7	0.7029	0.0248
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0544

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 49: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Pies derechos 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensione s(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies derechos 3"x3"	N° de usos Pies derechos 3"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	2.4600	10	0.7380	0.0104
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	2.4600	10	0.7380	0.0104
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	2.4600	10	0.4920	0.0173
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0381

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 50: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x4"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Arriostres laterales 1"x4"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Arriostres laterales 1"x4"	N° de usos Arriostres laterales 1"x4"	Arriostres laterales en p ²	Cantidad Arriostres laterales para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.0933	14	0.2343	0.0033
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.0933	14	0.2343	0.0033
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	1.0933	14	0.1562	0.0055
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0121

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 51: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2"x 3"

AMBIENTE	AUDITORIO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cuñas 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones(m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cuñas 2"x3"	N° de usos Cuñas 2"x3"	Cuñas en p ²	Cantidad Cuñas 2 para 1 m ² en p ²
	V-7	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	4	1.2300	0.0173
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-6	0.4	0.48	14.5	3	71.04	1.6400	4	1.2300	0.0173
		1.2	5.8							
			17.4							
	V-8	0.35	0.315	11.1	2	28.38	1.6400	4	0.8200	0.0289
		0.9	3.885							
			9.99							
									Total	0.0635

Fuente: Elaboración propia, 2017

b.2 Polideportivo

Tabla 52: Cuadro de aporte unitario de tablonos de tablonos de 1 1/2" x 8"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tablonos 1 1/2"x8"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 1/2"x8"	N° de usos tablonos 1 1/2"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	3.2800	7	0.9371	0.1075
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	3.2800	7	0.4686	0.2789
		0.6	0.45							
			1.08							
Total									0.3864	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 53: Cuadro de aporte unitario de barros de 2"x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Barros 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barros 2"x3"	N° de usos Barros 2"x3"	Barros en p ²	Cantidad Barros para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	1.6400	7	0.4686	0.0538
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	1.6400	7	0.2343	0.1395
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.1932

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 54: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Soleras 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Soleras 2"x3"	N° de usos Soleras 2"x3"	Soleras en p ²	Cantidad Soleras para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	1.6400	7	0.4686	0.0538
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	1.6400	7	0.2343	0.1395
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.1932

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 55: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tornapuntas 1 1/2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tornapuntas 1 1/2"x3"	N° de usos Tornapuntas 1 1/2"x3"	Tornapuntas en p ²	Cantidad Tornapuntas para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	1.2300	6	0.4100	0.0470
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	1.2300	6	0.2050	0.1220
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.1691

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 56: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cabezales 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cabezales 3"x3"	N° de usos Cabezales 3"x3"	Cabezales en p ²	Cantidad Cabezales para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	2.4600	7	0.7029	0.0806
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	2.4600	7	0.3514	0.2092
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.2898

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 57: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Pies derechos 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies derechos 3"x3"	N° de usos Pies derechos 3"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	2.4600	10	0.4920	0.0565
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	2.4600	10	0.2460	0.1464
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.2029

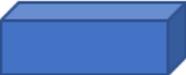
Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 58: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x 4"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Arriostres laterales 1"x4"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Arriostres laterales 1"x4"	N° de usos Arriostres laterales 1"x4"	Arriostres laterales en p ²	Cantidad Arriostres laterales para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	1.0933	14	0.1562	0.0179
		0.6	1.2375							
			2.97							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	1.0933	14	0.0781	0.0465
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.0644

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 59: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2"x 3"

AMBIENTE	POLIDEPORTIVO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cuñas 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cuñas 2"x3"	N° de usos Cuñas 2"x3"	Cuñas en p ²	Cantidad Cuñas 2 para 1 m ² en p ²
	V1-13(a)	0.25	0.15	4.95	2	8.715	1.6400	4	0.8200	0.0941
		0.6	1.2375							
	V1-13(b)	0.25	0.15	1.8	1	1.68	1.6400	4	0.4100	0.2440
		0.6	0.45							
			1.08							
									Total	0.3381

Fuente: Elaboración propia, 2017

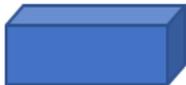
b.1 Polígono de Tiro

Tabla 60: Cuadro de aporte unitario de tablonos de tablonos de 1 1/2" x 8"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tablonos 1 1/2"x8"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tablonos 1 1/2"x8"	N° de usos tablonos 1 1/2"x8"	Tablonos en p ²	Cantidad tablonos para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	3.2800	7	2.8114	0.0176
		1.45	4.5							
			21.75							
									Total	0.0176

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 61: Cuadro de aporte unitario de barros de 2"x3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Barros 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Barros 2"x3"	N° de usos Barros 2"x3"	Barros en p ²	Cantidad Barros para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	1.6400	7	1.4057	0.0088
		1.45	4.5							
			21.75							
									Total	0.0088

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 62: Cuadro de aporte unitario de soleras de 2"x 3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Soleras 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Soleras 2"x3"	N° de usos Soleras 2"x3"	Soleras en p ²	Cantidad Soleras para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	1.6400	7	1.4057	0.0088
		1.45	4.5							
			21.75							
									Total	0.0088

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 63: Cuadro de aporte unitario de tornapuntas de 1 1/2"x 3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Tornapuntas 1 1/2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Tornapuntas 1 1/2"x3"	N° de usos Tornapuntas 1 1/2"x3"	Tornapuntas en p ²	Cantidad Tornapuntas para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	1.2300	6	1.2300	0.0077
		1.45	4.5							
			21.75							
Total									0.0077	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 64: Cuadro de aporte unitario de cabezales de 3"x3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cabezales 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cabezales 3"x3"	N° de usos Cabezales 3"x3"	Cabezales en p ²	Cantidad Cabezales para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	2.4600	7	2.1086	0.0132
		1.45	4.5							
			21.75							
									Total	0.0132

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 65: Cuadro de aporte unitario de pies derechos de 3"x3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Pies derechos 3"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Pies derechos 3"x3"	N° de usos Pies derechos 3"x3"	Pies derechos en p ²	Cantidad Pies derechos para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	2.4600	10	1.4760	0.0092
		1.45	4.5							
			21.75							
Total									0.0092	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 66: Cuadro de aporte unitario de arriostres laterales de 1"x4"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Arriostres laterales 1"x4"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Arriostres laterales 1"x4"	N° de usos Arriostres laterales 1"x4"	Arriostres laterales en p ²	Cantidad Arriostres laterales para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	1.0933	14	0.4686	0.0029
		1.45	4.5							
			21.75							
									Total	0.0029

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 67: Cuadro de aporte unitario de cuñas de 2" x 3"

AMBIENTE	POLÍGONO DE TIRO	Aporte de materiales								
ELEMENTO	VIGAS	Cuñas 2"x3"								
Croquis	Descripción	Dimensiones (m)	Área de Caras(m ²)	Largo(m)	Cantidad	Área del encofrado(m ²)	Cuñas 2"x3"	N° de usos Cuñas 2"x3"	Cuñas en p ²	Cantidad Cuñas 2 para 1 m ² en p ²
	V-5	0.3	0.435	15	6	160.11	1.6400	4	2.4600	0.0154
		1.45	4.5							
			21.75							
Total									0.0154	

Fuente: Elaboración propia, 2017

b.4 Cuadro Resumen:

Tabla 68: Cuadro de aporte unitario total para madera tornillo en vigas

Ambiente	Cantidad madera tornillo en vigas para 1 m² en p²
Auditorio	0.3451
Polideportivo	1.8372
Polígono de Tiro	0.0835
Total	2.2659

Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N° 50: Acabado de columnas y vigas para auditorio



Figura N° 51: Acabado de vigas para auditorio



Figura N° 52: Vista Panorámica de acabados de columnas y vigas del polígono de tiro



Figura N° 53: Vista de acabados de columnas y vigas del auditorio



Figura N° 54: Acabados de columnas y vigas para el polideportivo



Figura N° 55: Vista panorámica del polideportivo



Figura N° 56 Colocación de acero para columnas



Figura 57: Vaciado de concreto en el panel plástico para columnas



Usos

- **Encofrado Plástico**

Tabla 69: Número de usos promedio para Encofrado Plástico

Descripción	Número de usos
Columnas	100
Vigas	100

Fuente: Ficha técnica Peri Perú.

- **Encofrado Tradicional:**

Tabla 70: Número de usos promedio para Encofrado tradicional

Descripción	Número de usos
Columnas	10
Vigas	10

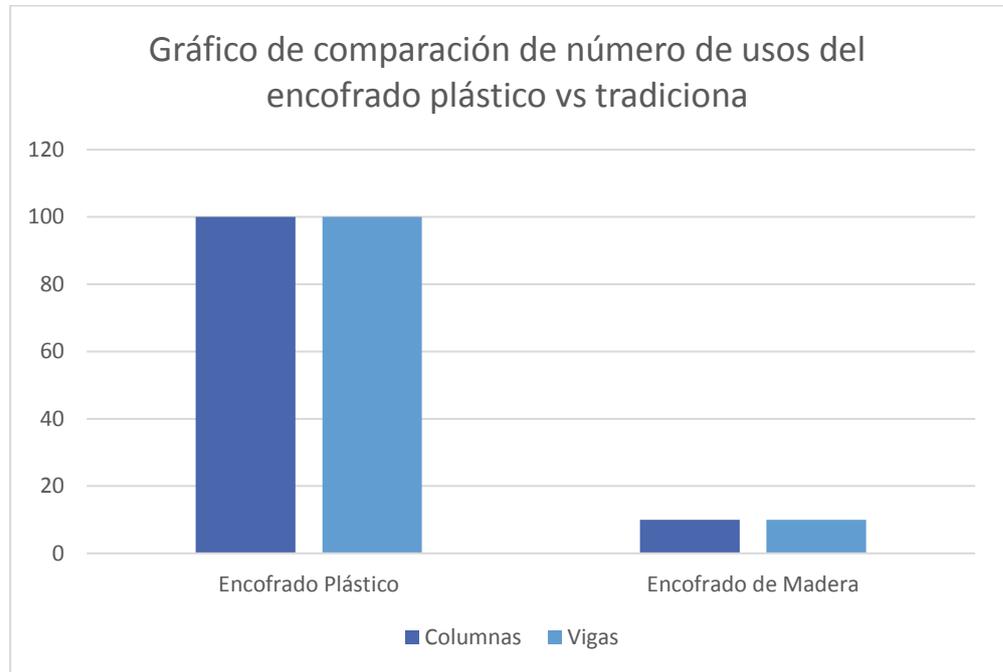
Fuente: Ficha técnica madera.

- **Comparación de número de usos encofrado plástico vs encofrado tradicional:**

Tabla 71: Comparación de número de usos encofrado plástico vs encofrado tradicional:

Material	Elemento Estructural	Número de usos aproximado
Plástico	Columna	100
	Viga	100
Madera	Columna	10
	Viga	10

Gráfico de comparación de número de usos en encofrado plástico vs tradicional



Fuente: Elaboración Propia