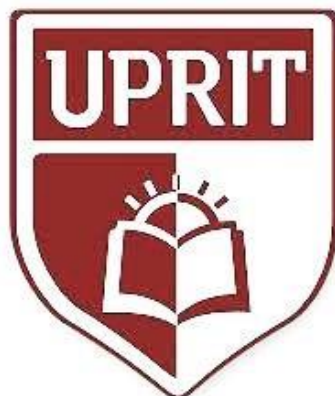


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO Y EVALUACION DE ENCOFRADO CON FENOLICOS PARA  
CONSTRUCCION DEL COLEGIO INNOVA SCHOOL, JULIACA-2020**

**TESIS:**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar**

**Bach. Machaca Machaca, Edgar**

**ASESOR:**

**ING. Enrique Durand Bazán**

**TRUJILLO - PERU**

**2020**



Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar

**HOJA DE APROBACION DEL JURADO**

---

---

---

## **DEDICATORIA**

A mi esposa, mis hijos y a todos los que nos apoyaron  
durante nuestros estudios para así poder realizarnos  
como profesionales.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos fuerza y sabiduría para seguir  
avanzando en la vida.

A nuestra Universidad por acogernos en sus aulas y a  
todos los docentes que nos brindaron su experiencia y  
conocimiento para la profesión.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el cómo diseñar y evaluar el encofrado de vigas, columnas y losas con fenólicos para la construcción del colegio innova school, de la ciudad de Juliaca, la evaluación técnico-económico del encofrado a diseñar y dando a conocer los beneficios, ventajas y los riesgos que surgen producto de la actividad inherente de los encofrados. Según el tipo de investigación es descriptivo y el diseño de la investigación es no experimental. Con este diseño se busca facilitar al técnico constructor realizar los encofrados de forma rápida y segura y garantizar que el sistema utilizado sea el correcto, como una solución para lograr las metas trazadas en los trabajos de construcción. Dentro de las técnicas que se van a usar para realizar la investigación se encuentran:

- La observación directa.
- Análisis de los rendimientos de encofrados.
- Mediciones y pre ensayos.

Como resultado del diseño y su evaluación se obtuvo que el encofrado propuesto resulta muy eficiente para lograr las metas trazadas.

### **Palabra clave**

Diseño de encofrado.

## ABSTRACT

The main objective of this research work is how to design and evaluate the formwork of beams, columns and slabs with phenolics for the construction of the innova school school, in the city of Juliaca, the technical-economic evaluation of the formwork to be designed and giving to know the benefits, advantages and risks that arise as a result of the inherent activity of the formwork, with this design the aim is to facilitate the construction technician to make the formwork quickly and safely and to guarantee that the system used is the correct one, as a solution for achieve the goals set in the construction work. According to the research level, it is descriptive and the research design is field and office (not experimental). Among the techniques that will be used to carry out the investigation are:

- Direct observation.
- Formwork performance analysis.
- Measurements and pre-tests.

As a result of the design and its evaluation, it was obtained that the proposed formwork is very efficient to achieve the goals set.

Keyword

Formwork design.

## INDECE GENERAL

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	3
I. introduccion. ....	12
1.1. realidad problemática.....	12
1.2. formulacion del problema. ....	13
1.3. justificacion.....	14
1.4. obJetivos. ....	14
1.4.1. Objetivo General.....	14
1.4.2. Objetivo Específico.....	14
1.5. ANTECEDENTES. ....	15
1.6. BASES TEORICAS.....	27
1.6.1. Diseño de Encofrados. ....	27
1.7. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS. ....	38
1.7.1. Diseño de encofrados. ....	38
a- encofrado. ....	38
b- comportamiento.....	38
c- Pandeo .....	38
d- Presión .....	39
e- Resistencia .....	39

f- Rendimiento.....	39
g- versatilidad.....	39
1.7.2. Evaluación de encofrados.....	39
1.7.3. Fenólicos.....	41
1.7.4. Construcción.....	43
1.8. FORMULACION DE LA HIPOTESIS.....	44
II. MATERIAL Y METODOS.....	44
2.1. MATERIAL.....	44
2.1.1. Humanos.....	44
2.1.2. Materiales.....	44
2.1.3. Servicios.....	44
2.2. MATERIAL DE ESTUDIO.....	45
2.2.1. Población.....	45
2.2.2. Muestra.....	45
2.3. TECNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.....	45
2.3.1. Para recolectar datos.....	45
2.3.2. Para procesar datos.....	46
2.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	47
III. RESULTADOS.....	48
3.1. Propuesta del encofrado con fenólicos.....	48
3.2. MATERIALES A UTILIZAR Y SUS PROPIEDADES:.....	49
Propiedades de LOS BASTIDORES A utilizar.....	49
3.3. dISENO DE ENCOFRADO DE COLUMNA.....	50

3.3.1.	Calculo de la presión máxima del concreto.....	50
3.3.2.	Calculo del momento de inercia.....	50
3.3.3.	Calculo de refuerzo vertical. ....	50
3.3.4.	Momento de Inercia. ....	51
3.3.5.	Momento resistente.....	52
3.4.	DISEÑO DE ENCOFRADO PARA LOSA.....	56
a.	Características generales de la losa aligerada.....	56
b.	Características de planchas de acero ASTM A36.....	56
c.	Metrado de Cargas.....	57
3.5.	Momento de Inercia de la VIGA. ....	58
a.	<i>Momento resistente o flexionante del panel fenólico.</i> ....	58
b.	Calculo de Separación entre Puntales.....	60
a.-	<i>Soldadura por arco manual con electrodo revestido.</i> .....	64
b.-	<i>Soldaduras por procesos industriales (MIG, MAG, TIG).</i> .....	64
3.6.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE UN PANEL.....	65
3.7.	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.....	70
IV.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	72
4.1.	EVALUACION DE LOS RESULTADOS. ....	72
4.1.1.	Evaluación funcional. ....	72
4.1.2.	Evaluación técnica. ....	74
4.2.	diferencia de los sistemas de encofrado.....	76
4.2.1.	Comparación de rendimientos. ....	77
4.2.2.	Comparación de tiempos.....	77

4.2.3. Comparación de número de usos. ....	78
4.2.4. Comparación de costos. ....	78
4.2.5. Comparación del comportamiento estructural. ....	79
V. CONCLUSIONES . ....	82
VI. RECOMENDACIONES.....	83
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85
ANEXOS .....	88
1. Panel fotográfico.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Historia de los métodos de diseño. ....	29
Tabla 2 Una clasificación de técnicas de modelación conceptual .....	32
<b>Tabla 3 Operacionalización de variables.....</b>	<b>47</b>
Tabla 12 Calculo del momento de Inercia - Columna.....	51
Tabla 13 Calculo del momento resistente - Columna.....	52
Tabla 14 Calculo del momento de Inercia – viga.....	58
Tabla 15 Calculo del momento resistente – viga.....	58
Tabla 4 Equipo Necesario para Fabricación de Encofrados con fenólico .....	63
<b>Tabla 5 Determinación de costo general.....</b>	<b>64</b>
Tabla 6 Análisis de Precio Unitario del panel de 2,44m. * 0,61m. ....	65
Tabla 7 Análisis de Precio Unitario de un panel de fenólico de 1,22 m. x 0,61 m.....	66
Tabla 8 Análisis de Precio Unitario de tablero metálico de 1,20 m. x 0,60 m. ....	67
Tabla 9 Análisis de Precio Unitario de Vigüeta extensible. ....	67

Tabla 10	Análisis de Precio Unitario de Puntal tipo.....	68
Tabla 11	Resumen del precio de los paneles. ....	69
Tabla 16	Aporte Unitario de materiales para el encofrado con fenólico.....	70
Tabla 17	Rendimiento del encofrado y desencofrado del encofrado con fenólico.....	71
Tabla 18	Análisis de precio Unitario – Columna. ....	71
Tabla 19	Evaluación funcional del encofrado de madera.....	73
Tabla 20	Evaluación Funcional del Encofrado con fenólico.....	73
Tabla 21	Evaluación Técnica del Encofrado de Madera. ....	74
Tabla 22	Evaluación Técnica del Encofrado Metálico.....	75
Tabla 23	Diferencias del sistema de encofrados.....	76
Tabla 24	Cuadro de comparación de Rendimientos. ....	77
Tabla 25	Cuadro de comparación del Tiempo de Encofrado. ....	77
Tabla 26	Comparación del número de Usos.....	78
Tabla 27	Cuadro de Costos del sistema de encofrados.....	79
Tabla 28	Comparación del comportamiento estructural.....	79

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Tendencias de factores de durante el proceso de desarrollo de productos.	31
<b>Figura .2</b>	etapas de diseño conceptual.	31
<b>Figura 3.</b>	Recolección de costos.	46
<b>Figura 4.</b>	Recolección de datos.	47
		10



<b>Grafico N° 5.:</b> Presión del encofrado en Columna.	55
<b>Figura N° 6:</b> Fotografías de Puntales	61
<b>Figura N° 7:</b> Fotografías del encofrado con fenólico - Viguetas	62
<b>Figura N° 8:</b> Rugosidad de columna.	75

## I. INTRODUCCION.

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

En los últimos años ha habido un considerable cambio en el sistema constructivo con la llegada del BIM, pues esta metodología hace que el proceso constructivo sea más eficiente aunque los encofrados no habían tenido la evolución necesaria para llegar a este punto. El encofrado es una parte muy primordial para el sistema constructivo, por ende su estudio es muy importante.

Por la complejidad que representa el mundo del encofrado es que debemos tener en consideración muchos aspectos antes de considerar un sistema de encofrado, nosotros no pensamos solucionar eso, pero, creemos que podemos aportar con algo desarrollando este tema, para que el constructor tenga la facilidad y la certeza de saber que, lo que está haciendo está bien.

Según Lorenzo (2015) en su Estudio de criterio de diseño y cálculo de encofrados de elementos verticales, Aplicación a varias estructuras (trabajo final de grado, Universidad Politécnica de Valencia) dice que la naturaleza compleja del problema de la elección de un encofrado adecuado para la ejecución de una determinada estructura requiere considerar los siguientes factores tal como se mencionan:

- Factores técnicos. Proceso constructivo, la geometría de la estructura, plan de obra, las características del hormigón, distancia entre juntas de hormigonado, entre otros.
- Factores económicos. Coste de la mano de obra, disponibilidad del material propiamente dicho, plazo de ejecución, tipo de mano de obra.
- Factores estéticos. Textura, compartimentación de la superficie, reparto de orificios, color y cuestiones estéticas.
- Factores seguridad. Normativas vigentes, características específica de una obra.

- Factores logísticos. Costes de transporte, espacio disponible para el pre montaje en obra, ubicación de la obra, accesos, disponibilidad de compra o alquiler.
- Factores ambientales. Temperatura, humedad, precipitaciones, entre otros. (Lorenzo, 2015)

En la actualidad los encofrados no ha tenido un gran avance con respecto al de otras tecnologías, motivo por el cual las edificaciones no tienen un correcto proceso constructivo, la realidad es que desde la época de los cincuenta después de la aparición y normalización de los encofrados metálicos poco o nada se ha hecho para poder avanzar con el sistema de encofrados.

Los encofrados tradicionales siguen siendo de uso común en las construcciones de la ciudad de Juliaca inclusive en las grandes obras que marcan el progreso de la región. El uso de la tabla de madera en el diseño de encofrados sigue siendo una forma de hacer los expedientes técnicos, y por ende después de hacer el encofrado y desencofrado, seguimos en la época de los cincuenta, y con la llegada de nuevas tecnologías en sistemas de construcción como el **BIM** debemos innovar el proceso de encofrado. Motivo por cual se plantea saber sobre un nuevo sistema de encofrado que sea liviano pero eficiente, que no afecte los costos unitarios del presupuesto y sea barato en mano de obra pero eficiente en el encofrado.

## 1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.

El presente proyecto de tesis plantea un diseño de encofrado y la evaluación del mismo, para obras de infraestructura que se ubica en el distrito de Juliaca, en particular para la obra de un colegio privado como es el INNOVA SCHOOL. Y nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cuál es el diseño y evaluación de encofrado con fenólicos para construcción del colegio innova school, Juliaca- 2020?

### **1.3. JUSTIFICACION.**

El diseño de nuevos de encofrado le dará mayor versatilidad al mundo de la construcción, y la evaluación asegurara el uso del encofrado para la geometría de la estructura a edificarse. La presente investigación es importante como aporte metodológico que permitirá servir como guía para futuros trabajos de investigación en otras regiones en proyectos similares.

### **1.4. OBJETIVOS.**

#### ***1.4.1. Objetivo General.***

Diseñar y evaluar el encofrado de vigas, columnas y losas con fenólicos para la construcción del colegio innova school, de la ciudad de Juliaca.

#### ***1.4.2. Objetivo Específico.***

- Describir las consideraciones estructurales y técnicas para el diseño del encofrado.
- Diseñar el Encofrado de Vigas, Losas y Columnas con fenólicos
- Estimar el Costo de las soluciones calculadas.
- Evaluar el Rendimiento de la colocación de encofrados con fenólicos

- Comparar las diferencias entre el sistema de encofrado de madera y encofrado con fenólicos desde el análisis de costo, para el colegio Innova School

### 1.5. ANTECEDENTES.

Chunga & Ramírez (2009), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada “**Aplicación del sistema de encofrado Autotrepante y análisis comparativo de la productividad con el sistema de encofrado metálico convencional en edificaciones de gran altura**”, tuvo como objetivo estudiar el empleo o uso del sistema de encofrado Autotrepante (ATR) representándolo como una solución moderna y técnica, la cual brindara mejores beneficios que el encofrado metálico convencional, analizando y evaluando el aumento de la productividad, calidad y seguridad en la construcción de edificios de gran altura. Encontró que al estudiar y analizar las definiciones que involucra el uso del sistema ATR así como los componentes que lo conforman, en el proceso constructivo hay ventajas y desventajas que evaluar. También tuvo como objetivo Analizar, comparar los rendimientos y los costos que estos involucren al usar el sistema ATR el cual está en estudio, junto con el sistema de encofrado metálico convencional, para luego dar a conocer la aplicación que se le viene dando al sistema ATR en la construcción de edificios de gran altura en nuestro país. Se siguió la siguiente metodología:- búsqueda y obtención de información de antecedentes para cada sistema de encofrados que estamos estudiando. –visitas a empresas proveedoras de encofrados, la finalidad es obtener precios de venta, arriendo y asesoría. –También obtención de rendimientos de cada sistema de encofrados, a partir de la información y la experiencia recopilada. –realizar una estimación economía y rendimiento entre el sistema metálico convencional y sistema de encofrado Autotrepante. Y como resultado se obtuvo que el sistema de encofrado Autotrepante va a llegar a ser aún más conveniente en países donde el costo de mano de obra resulta ser más elevada, puesto que el tempo de construcción de la estructura sea en menor tiempo y esto hace que se reduzcan los costos. Un ejemplo

real donde se use este tipo de encofrado seria estados unidos puesto que en este país todas las construcciones son de gran altura y el costo de mano de obra es caro respecto a la productividad, a partir de un análisis de precios unitarios para encofrado de placas, tomando como base de la construcción, se obtiene las hh (horas hombre), que tardarían en encofrar 1m<sup>2</sup> es de 17 horas de ahí se deduce que, se va a considerar un ratio de 3.334 hh/m<sup>2</sup>, sin embargo, de las mediciones en obra se pudo estimar un ratio de 2.99 hh/m<sup>2</sup>, para el encofrado metálico convencional, y un ratio de 2.83 hh/m<sup>2</sup> para el encofrado Autotrepante. La diferencia entre ratios de obra y el de análisis de precios unitarios suele darse que, por lo general el análisis de precios unitarios sea utilizado como límite en lo que se refiere a costo/tiempo. Por este motivo es que, durante las primeras semanas de la construcción, el rendimiento se define en base al avance y condiciones reales. Estos controles de productividad son importantes para tomar una decisión de qué tipo de encofrado se va a usar, si el de tipo convencional o el de tipo Autotrepante. Se pudo observar que comparando los índices de productividad promedio ya estimado en obra, el sistema Autotrepante resulta mejor que el convencional. Esto es debido a que el sistema de encofrado metálico convencional emplea mayor cantidad de hh/m<sup>2</sup> para 1m<sup>2</sup> que el sistema Autotrepante, acortando así el tiempo de construcción de la estructura. Este antecedente es considerado para la presente investigación por que hace una evaluación en un determinado campo de acción entre el encofrado trepante y el metálico y esto me va a servir para ampliar mis bases teóricas.

Por otra parte, Laura (2016), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil "diseño de sistema de encofrados en la provincia de angaraes - Huancavelica", tiene como objetivo Determinar un diseño adecuado de los encofrados, de los elementos que conforman una estructura de edificaciones en el de los elementos que conforman una estructura de edificaciones en el distrito de Lircay — Angaraes — Huancavelica. La investigación a realizarse es una investigación `pura ya que se busca contribuir a la ampliación del conocimiento científico, el nivel de investigación a ejecutarse es DESCRIPTIVO y el método de investigación es científico. Como resultado para el

diseño de encofrado para losa se determinaron las separaciones de las carreras y los puntales con tableros de 2.5 y 3 cm para losas masiasa y nervadas 60 'SEPARACION MÁXIMA DE LAS CARRERAS  $\sigma = \bullet 100.00 \text{ Kg/cm}^2$  E r- . 90000.00  $\text{Kg/cm}^2$  8.00  $\text{Kg/cm}^2$  tabla para espesores de tableros corridos de drz. 3.00 cm separación de carreras (rats) 4 de distintos espesores, se presentan resultados de las separaciones requeridas por flexión, cote flecha, utilizando puntales de acero. Las cargas que actúan sobre el encofrado sobrecargadas en un 30% con la finalidad de cubrir cualquier sobre carga momentánea por el factor impacto. Para encofrado en columnas se obtuvo muestras de separación de los cepos debido a la capacidad de flexión, corte y deformación del encofrado; se utilizaron alturas de concreto que varía entre 1.5 y 6 mts. Con espesores de encofrado de 2.5 y 3 cm . Se concluyó que puede utilizarse directamente si se usan cepos de acero. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que resalta la importancia del diseño encofrados se usara para la toma de decisiones a la hora de discutir los resultados.

En cambio Paz - Jáuregui (2014), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero mecánico eléctrico denominada “Diseño de un sistema de encofrados metálicos para la fundición de los pilares de un puente empleando software CAD/CAE”, tiene por objeto el diseño de un sistema de encofrado doble para la fundición de los pilares huecos de estos puentes. El reto que tenemos es el de diseñar un encofrado del tipo “Slip-Form” o encofrado deslizante, de tal manera que un mismo encofrado logre fundir todo el pilar en periodos de tiempo progresivo. Sabiendo que la geometría de la estructura es hueca, debemos tener en cuenta que tanto el encofrado exterior como el interior deben estar sujetas entre si mediante barras roscadas o tirantes. En cada encofrado se colocara plataformas de trabajo que permitan la realización de encofrado solo para los operarios para que puedan realizar el armado, ajustes hormigonado y vibrado, también de aquí se realizara el cambio d posición al siguiente tramo. Cuando hablamos de encofrado nos imaginamos una armadura de madera para recibir el hormigonado puesto que tradicionalmente se usaba este material. Sin embargo, el trabajar con madera resulta

muy tedioso si se trabaja a gran altura y se corre mucho riesgo para el operario. El encofrado con madera debe ser supervisada frecuentemente ya generalmente tiende a deteriorarse ya sea por la humedad o el uso, y debe ser remplazado parcial o totalmente. Gracias a esto se originan los desperdicios de encofrado, y el acabado de la superficie del encofrado no es el de un encofrado metálico, pues no tiene la misma estética que cuando se usa un encofrado metálico. En el encofrado con madera las piezas deben unirse con clavos y en algunos casos con pernos, también debemos tener en consideración que la resistencia a la flexión de la madera es menor a la del acero, ya que la sección necesaria es grande por lo tanto se incrementa el peso. El encofrado con madera es conveniente para obras pequeñas, donde se utilizara pocas veces y luego será desechado. Estos materiales podrán utilizarse en otro encofrado y parte de esto será desperdicio. La fabricación de estos encofrados se hace generalmente en obra utilizando diferentes tipos de madera y espesores, generalmente las estructuras construidas con este tipo de encofrado van a necesitar un resanado puesto que presentan anomalías en las uniones de los tableros. Cuando debería ser una superficie terminada con hormigón visto, se debe tener mucho cuidado en controlar este defecto que presentan los encofrados con madera. Frente a esto es que aparece como una solución los encofrados metálicos, los elementos de estos encofrados son fabricados en planta con una estricta rigurosidad en el proceso de fabricación de estos. El trabajo a desarrollar plantea una alternativa de diseño de este sistema de encofrado utilizando un software basado en el método de elementos finitos (FEM) también debemos considerar la facilidad que debe ofrecer para la manufacturación del sistema. Se complementa el estudio con un análisis técnico comparativo entre los dos tipos de encofrados ya antes mencionados. En esta investigación se propone un sistema de encofrados que simplifique los trabajos de encofrado tales como la instalación, el desencofrado, para la conclusión de la obra en los tiempos previstos. También reducirá los desperdicios, dará seguridad en obra como también el terminado del concreto en la estructura será óptimo. El nuevo sistema va ser diseñado con los parámetros de calidad, para que no sufra deformaciones a la hora del vaciado, pues el concreto fresco aplica una presión a las paredes del encofrado. Con las herramientas de hoy en día resulta fácil preparar un

modelo matemático mediante elementos finitos usando diferentes softwares tanto de dibujo o análisis estructural. De la misma manera se pueden determinar los esfuerzos y deformaciones en forma matemática que se desarrollan debido a las cargas existentes. Una corrección a las secciones de los elementos estructurales llevaría a una optimización del costo de la estructura dando énfasis en las secciones donde ocurren los esfuerzos de deformación dando valores aceptables. El modelo se realizó utilizando el software SolidWorks, cuyos resultados gráficos y numéricos forman parte de este trabajo. El cual ha sido de gran ayuda para poder optimizar este modelo, para poder saber los costos de fabricación es necesario saber la información de la maquinaria a utilizar para cada actividad. El material empleado y el costo de cada operación. Para el presente caso se utilizó información disponible de los equipos con que cuenta la planta local **metalshop** ubicada en la ciudad de Quito. La ventaja al realizar una estructura de acero frente a una de madera es que las construidas con acero están perfectas, mientras que las construcciones con madera no están bien definidas depende mucho del tipo y calidad de la misma, se pudo determinar que un encofrado con madera que sería la más barata no sería una solución para este tipo de proyecto, considerando que una fundición y la otra sería más larga y por tanto resulta un trabajo más laborioso, de mayor riesgo y mayor generación de desperdicio. Por la dificultad del desencofrado interior se producen los desperdicios ya que las puntas se traban unos contra otros, por eso se ideó un sistema con bisagra que permita recogerse hacia dentro para así de esa manera permita desprenderse y separarse de los encofrados vecinos. Este sistema permite que un encofrado pueda doblarse en dos mitades para que se pueda colocar en otro lugar. Este mecanismo si se usara en madera sería muy perjudicial puesto que se rompería lo cual significa una desventaja para el encofrado con madera. En resumen, el encofrado propuesto es muy conveniente para una obra de gran magnitud en el tiempo de ejecución ya que es muy importante para la ruta crítica de la construcción. El tipo de encofrado asegura una buena calidad en el terminado de la estructura si se trata de cara vista ya que el metal es un elemento altamente resistente. Se conseguirá superficies perfectas alineadas y sin deformaciones. Por otro lado las herramientas de simulación permiten lograr una refinación en el diseño estructural lo que reduce el costo de la obra.

Y la optimización de los recursos en proceso constructivo. El tiempo dedicado al análisis estructural y una optimización es invaluable si se considera las ventajas que se pueden obtener en el ahorro económico, conlleva a la optimización del proceso constructivo, la calidad de la obra obtenida, el tiempo de ejecución del proyecto y especialmente en la seguridad del personal que trabaja, con mayor razón cuando estos trabajadores realizan el encofrado en altura. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que resalta la importancia del diseño y la comparación con los encofrados tradicionales. Esa investigación nos servirá para la discusión de resultados.

Consiguientemente Lazo (2018), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil, denominada aplicación de un sistema de encofrados con desplazamiento horizontal y su influencia en la construcción del centro comercial open plaza Huancayo, en la etapa de estructuras. Tiene como Objetivo: Determinar la influencia de la aplicación de un sistema de encofrado con desplazamiento horizontal en la construcción del centro comercial del pen plaza en la etapa de estructuras. Métodos: analítico, tipo aplicado y niel descriptivo-exploratorio, el diseño no es experimental transversal, la técnica utilizada es la observación en campo que permitió recoger la información en el mismo lugar donde se encuentra el objeto de estudio. Resultados: aplicar un sistema con desplazamiento horizontal reduce la producción a 200m<sup>2</sup>/día, mejora la productividad de mano de obra a 1.96 hh/m<sup>2</sup>, reduce el uso de equipo de encofrado en un 30%, disminuye el costo de la partida de encofrado de elementos verticales y horizontales en un 0.0111% y disminuye el plazo de ejecución de la obra. Conclusiones: se determinó que aplicar un sistema de encofrado con desplazamiento horizontal en la construcción del centro comercial open plaza Huancayo es positiva porque resulta menos costosa y la ejecución termina antes de lo proyectado. Este antecedente es considerado para la presente investigación porque me va ayudar a realizar los procedimientos de recolección de datos para la toma de decisiones según niveles de intervención que deseemos.

En cambio Oribe (2014), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada, “análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de lima”, tuvo como. Objetivo: El presente trabajo es investigar el uso de 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. Se trabajó con empresas líderes en el mercado, de donde se obtuvieron las características técnicas económicas de todos los modelos y sistemas utilizados. Además se conversó con usuarios de amplia experiencia y se visitó obras que usaban estas tecnologías, con lo que se completó la información para realizar el presente trabajo. También se analizaron los problemas que ocurren frecuentemente en cada sistema, así como las ventajas y desventajas que presentan, con lo que se identificaron los riesgos de cada tipo de moldajes. Y como: Resultado final se concluye que los encofrados metálicos permiten acelerar los procesos de construcción en comparación con los encofrados tradicionales, manteniendo un alto nivel de calidad, pero su implementación es una construcción determinada, como lo es las columnas y placas de un edificio, resultaría mayor el costo por m<sup>2</sup>. Sin embargo, mayor sería la velocidad de construcción, existen economías importantes no solo gastos generales, también n mejor ordenamiento de la obra, aspecto difícil de cuantificar. Este antecedente es considerado para la evaluación y tomar decisiones a la hora de establecer las técnicas para la recolección de datos ya que resalta la importancia de la evaluación del encofrado según niveles de intervención y nos servirá para la discusión de resultados.

En el mundo por otro lado Vintimilla (2012), en su trabajo estructurado de manera independiente para optar el título de ingeniero civil, denominada la influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de las torres de un puente, tuvo como: Objetivo Analizar la influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de la torre de un puente.

- Analizar el tipo de material a utilizarse en el encofrado.
- Determinar las ventajas del encofrado.
- Describir el método a utilizarse para la construcción de las torres con encofrados deslizantes.
- Preparar las especificaciones técnicas necesarias para el proyecto.

El presente trabajo tiene un enfoque cualitativo ya que primero busca la comprensión de los hechos, sucesos y problemas que influyen en los encofrados de las torres de un puente, además los procesos que se van a utilizar para tener un sistema de encofrados en mejores condiciones, el mismo que debe satisfacer todas las necesidades existentes. Con respecto a lo cuantitativo privilegia las técnicas de construcción al emplear así mismo el tipo de material, las dimensiones, longitud total del alcantarillado, profundidad, pendientes, diámetros, velocidades, etc. Hay que tener en cuenta que debemos cumplir especificaciones técnicas y normas de diseño para la realización. Como resultado se obtuvo que los espesores nominales con los que se deben fabricar los perfiles 3.6 mm. El tablero debe ser suficientemente resistente como para soportar una carga de 500kg/m<sup>2</sup>. Y no tener una flecha mayor a 11.11mm. según al código de construcción que dice que: deflexión máxima es  $d_{max} = L/360$  con una tolerancia de  $\pm 0.21\text{mm}$  para 3mm,  $\pm 0.27\text{mm}$  para 6mm. Las flechas laterales no deben ser mayor a 0.2% de la longitud total. Para una longitud de 4m no puede ser mayor a 8mm. El diseño es óptimo para una estructura, está diseñado para soportar el peso y el empuje del hormigón hacia el encofrado y a su vez para resistir el peso de las guías y gatos hidráulicos, cualquier modificación de las dimensiones de las pilas del puente se tendrá que realizar un nuevo análisis para la validación del mismo. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que resalta la importancia de la

evaluación del encofrado para la toma de decisiones según niveles de intervención y nos servirá para la discusión de resultados.

Y prosiguiendo el tema Teixeira, Santilli, Puente (2015), en su artículo científico denominada Diseño de encofrados verticales: Dimensionado y Tiempos mínimos de desencofrado, El diseño de encofrados verticales depende de la predicción de la máxima expresión lateral ejercida por el hormigón estado fresco para el dimensionado de los paneles y el tiempo de utilización de los mismos. En este trabajo se describen los modelos experimentales descritos en la bibliografía para predecir la máxima presión lateral ejercida por el hormigón autocompactante (HAC) en encofrados verticales y los tiempos de desencofrado propuestos por las diferentes normativas y los distintos autores. Finalmente, se presenta un método de desencofrado desarrollado en base a la norma ASTM1074 y la campaña realizada en una de las hormigoneras más grandes del Uruguay para la validación de dicho método. Este antecedente es considerado para la toma de decisiones al rato de la discusión de los resultados.

Y mientras tanto Oropesa & Matheus (2018), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada, estudio comparativo del sistema convencional de encofrado en madera y el sistema de encofrado con bloques poliestireno expandido para losas macizas y laterales de viga. Caso de estudio: torre “centro boleíta”. Urb. los ruices, caracas, Venezuela, tuvo como objetivo: Realizar un estudio comparativo del sistema convencional de encofrado con madera y el sistema de encofrado con bloques de poliestireno expandido para losas macizas y vigas laterales, utilizados en la construcción de la torre “Centro Boleíta”, caracas Venezuela. Para este trabajo especial de grado, dada su naturaleza se clasifica en un tipo de investigación proyecto factible, de acuerdo a lo que expresa el manual para la elaboración de trabajos especiales de grado de la UPEL. Se estudiaran las diferentes variables vinculadas a los sistemas de encofrados en madera y encofrados con poliestireno expandido, en losas macizas y

laterales de viga, con la finalidad de determinar su comportamiento operacional y posterior análisis de costo y rendimiento. Esta investigación se orienta hacia un nivel de investigación exploratoria, la investigación se desarrollara con bases en el análisis comparativo operacional, de acuerdo a los encofrados de madera y los encofrados con bloques de poliestireno expandido respectivamente, poco estudiado en el país, por lo cual no hay suficiente información para determinar su comportamiento, en ese sentido es un área con poca información referencial, lo cual hace atractivo este proceso de investigación y análisis. Considerando que la información y los datos se obtendrán directamente de los levantamientos de información a realizar en los encofrados d madera y los encofrados con poliestireno que se han mencionado en este documento. La estrategia que se aplica consiste en:

- Describir el poliestireno expandido en sus aspectos generales de su procedencia y elaboración, características técnicas del material y costos.
- Se determinarán las características del sistema constructivo en estudio. Para comprender los resultados será necesario compararlos con los datos del sistema de encofrado convencional en madera. Se comparará la construcción de las losas macizas y laterales d viga.
- Analizar el rendimiento del sistema de encofrado con bloques de poliestireno expandido.
- Evaluar los sistemas de encofrados en losas macizas y en laterales de viga. • Describir las ventajas y desventajas del encofrado con bloques de poliestireno expandido y el encofrado en madera para losas macizas y laterales de viga.

Como resultado se concluyó que:

- El sistema de encofrados es novedoso, el sistema de encofrado con bloques de poliestireno expandido cumple con la necesidad que se desea, razón por la cual se determinaron los procedimientos necesarios para llevar al uso este sistema, los cuales resultaron ser de rápida construcción una vez que la mano de obra se fue acostumbrando a los pasos necesarios para su correcta ejecución.

- Por ser una plataforma nivelada las especialidades de cabilla y carpintería tienen mayor comodidad y facilidad a la hora de trabajar por lo cual el rendimiento es mucho mayor.
- La desventaja es que la obra no queda limpia, debido a las irregularidades que tiene los elementos estructurales en su geometría y a causa del desgaste del bloque de poliestireno en uso. Por lo cual este sistema no se recomienda para edificaciones donde la estética sea primordial.
- El sistema de encofrados con poliestireno es más económico que el convencional, esto debido a su gran rendimiento y al costo de los materiales. A pesar que el costo de la lámina es mucho mayor por m<sup>2</sup>. que el de madera en el sistema de encofrado. También se determinó que la depreciación de la madera es 33%, representando así una depreciación 8 veces mayor que el poliestireno, el cual tiene una depreciación del 4%. Por ende queda demostrado que el poliestireno se reutiliza mayor cantidad de veces que la madera, disminuyendo el costo y aumentando el rendimiento. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que ayudara a definir el procedimiento de análisis de la información.

Y por último Sanango (2017), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil denominada comparación del diseño y evaluación de miembros estructurales de madera laminada encolada con uniones dentadas, de pino radiata y eucalyptus globulus. Tuvo como objetivo Comparar las propiedades físicas y mecánicas de la madera, destinada a elementos estructurales de MLE, de eucalipto y pino. Asimismo, determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera laminada encolada en eucalyptus globulus, estas son:

- . Contenido de humedad
- . Densidad
- . Resistencia a la compresión paralela a las fibras
- . Resistencia al corte en la línea de cola paralela a fibras
- . Módulo de elasticidad en flexión

- Módulo de rotura en flexión.

- Compara los resultados obtenidos posteriores a los ensayos con los materiales admisibles que contemplan en la norma “Madera – Construcciones de madera– Cálculo” y “Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber”.
- Determinar si la madera de eucalipto es apta para usarse en elementos estructurales de madera laminada encolada.
- Ensayo de vigas a escala real para determinar sus propiedades mecánicas.
- Diseño de pórtico en madera laminada de eucalipto siguiendo la norma chilena Nch 1198 2006.

Utiliza una metodología experimental aplicada, estudios realizados en laboratorios, en un sector de Chile, solo aplica para la evaluación. En los ensayos de probetas se realizarán en el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad del Azuay y los ensayos de vigas a escala real en la fábrica Carrasco RFV Construcciones. Las probetas y las vigas a escala real son elaboradas en la fábrica JOMASA, empresa dedicada a la industria de la madera, misma que se ubica en la ciudad de Azogues. Como resultado se obtuvo que:

- El proceso de secado por curado seguido, de un secado artificial en madera permitió obtener láminas de buena calidad y en un menor tiempo comparado con el secado natural, específicamente láminas de grado estructural N°2 de acuerdo con la norma chilena.
- Posterior a los ensayos realizados se determinó que el eucalipto tiene una densidad mayor en un 9% con respecto al pino.
- Finalmente, es preciso mencionar que el eucalipto es una madera que se puede usar para estructuras de madera laminada encolada, que su desempeño y resistencia, hacen de esta madera un material insustituible para la construcción, además posee una belleza natural que la hace incomparable con otros materiales como el acero o hormigón. También es importante mencionar que es indispensable contar con un

proceso industrializado para la fabricación de estos elementos, pues se debe tener un especial cuidado y un estricto control de calidad en el encolado y prensado, ya que de esto depende que las piezas de MLE se comporten eficientemente ante las solicitudes de carga para las que son diseñadas.

Este antecedente es de vital consideración para la presente investigación ya que tiene la similitud con este trabajo de investigación resalta la importancia de la evaluación para la toma de decisiones según niveles de intervención y nos servirá para la discusión de resultados.

## 1.6. BASES TEORICAS.

### 1.6.1. *Diseño de Encofrados.*

#### a. *Concepto de diseño.*

Debemos aclarar la diferencia conceptual del término *diseño* bajo la perspectiva hispano parlante y la anglosajona. Tal como lo señala Alcaide, Diego y Artacho (2001, p.18) diseño en castellano tiene un significado limitado a lo formal o adjetivado, hasta el punto en que se habla de *objetos de diseño*, haciendo referencias a las características externas (forma textura, colores, etc.) Del artefacto pero no al artefacto en su conjunto. Entre tanto el termino anglosajón *design* hace referencia a toda la actividad de desarrollo de una idea de producto, de tal manera que se acerca más al concepto castellano de *proyecto*, entendido como el conjunto de planteamientos y acciones necesarias para llevar a cabo y hacer realidad una idea. Es importante decir que en esta investigación se asume el concepto de diseño tal como lo entendería un anglosajón, es decir, en el sentido amplio de su significado y no en el sentido limitado de la forma del producto.

En resumen, el diseño se entiende como el desarrollo de una estructura o un sistema que sea potador de características deseadas (particularmente funciones) y logran básicamente una transformación de información sobre condiciones, necesidades, demandas, requisitos y exigencias, en la descripción de una estructura capaz de satisfacer esas demandas, que pueden incluir no solo los deseos del cliente, si no también requisitos de todo el ciclo de vida, de todos los estados intermedios por los que pasa el producto.

***b. Metodologías del diseño.***

Nigel Cross define metodología de diseño como: “el estudio de los principios, prácticas y procedimientos de diseño en un sentido amplio. Su objetivo central está relacionado con el momo diseñar, e incluye el estudio de como los diseñadores trabajan y piensan; el establecimiento de estructuras apropiadas para el proceso de diseño; el desarrollo y aplicación de nuevos métodos, técnicas y procedimientos de diseño; y la reflexión sobre la naturaleza y extensión del conocimiento del diseño y su aplicación a problemas de diseño” (Lloyd, Roozenburg, & Van del Lugt, 2004)

➤ ***b.1. Métodos de diseño.***

Tal como señala Julián (2002) existe una tendencia a aceptar la necesidad de métodos que muestren el camino a recorrer durante el diseño de productos y de modelos que los representen.

Otro enfoque de la complejidad del tema se aborda tratando de entender la forma cómo los diseñadores abordan el proceso tradicional de diseño, para lo cual se recurre desde entrevistas abiertas hasta laboratorios controlados.

➤ ***b.2. Modelos de diseño.***

En general se entiende como modelo de diseño la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Los modelos y métodos de diseño se pueden enmarcar dentro del campo que los expertos califican como “investigación en diseño”,

cuyo objetivo genérico es establecer nuevas formas o recomendaciones que potencien la eficiencia del diseño.

Conviene hacer una breve presentación de estos modelos con el fin de identificar las diferentes etapas y faces que se desarrollan en el proceso de diseño.

*Tabla 1 Historia de los métodos de diseño.*

<b>Autores Representativos</b>	<b>Descripción</b>
Asimow (1962)	Dos etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación y Morfología</li> <li>• Diseño detallado.</li> </ul>
Jones (1963)	La intuición y los aspectos no-rationales tienen el mismo rol que los lógicos y los procedimientos sistemáticos.
Archer (1963),	Listas de chequeo (¡más de 229 items!), para verificar tres fases: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis.</li> <li>• Creatividad</li> <li>• Ejecución.</li> </ul>
Alger y Hays (1964)	Énfasis en la valoración de alternativas del proyecto.
Alexander (1964)	Análisis riguroso del problema. Adaptación del programa de diseño al problema específico División del problema complejo en subgrupos de problemas.
Luckman (1967)	Método AIDA, tres fases: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis</li> <li>• Síntesis</li> <li>• Evaluación.</li> </ul> No son lineales sino interactivas.
Levin (1966)	Caracterización de propiedades de sistemas. Relación causa – efecto (controlables y no controlables)
Gugelot (1963) Burdel (1976)	Información sobre necesidades del usuario. Aspectos funcionales Exploración de posibilidades funcionales Decisión Detalle: cálculos, normas, estándares. Prototipo.
Jones (1970)	No es un método, pero expone dos tendencias: Caja negra: la parte más importante del diseño se realiza en el subconsciente del diseñador, no puede ser analizada. Caja de cristal: todo el proceso se hace transparente.
Jones (1971) Alexander Tudela	Contracorriente: Los métodos de diseño destruyen la estructura mental del diseñador. Se produce una abolición de la racionalidad funcional.

Manuri (1974)	No es correcto proyectar sin método. Indica que primero se hace un estudio sobre materiales y procesos, que alimentan la generación de ideas.
Maldonado (1977) Dorfles (1977)	Deben integrarse al proceso de diseño los factores: funcionales, simbólicos o culturales, de producción.
Bonsiepe (1985)	Dos métodos: Reducción de la complejidad de Alexander. Búsqueda de analogías o Sinéctica de Gordon.
Quarante (1992)	Para cada problema hay un método. No universalidad de métodos.

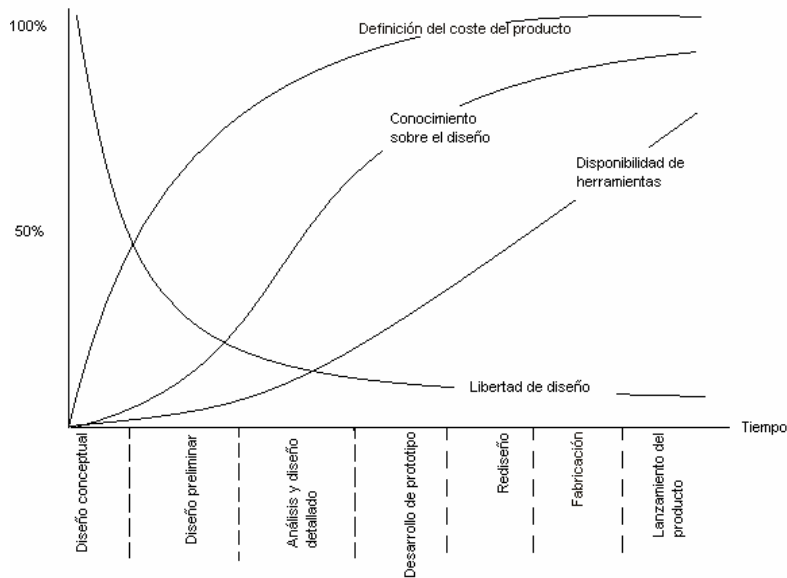
*Fuente: Elaboración propia a partir de Julian et al (2002) y Cross (1984).*

### ***c. Diseño conceptual.***

Ya se ha explicado que la fase inicial de desarrollo de un producto se suele denominar como diseño conceptual o etapa de síntesis de diseño. Esta es considerada como la etapa de la creatividad juega un papel determinante, y dados los objetivos de esta investigación, conviene precisar algunos elementos que ayuden a comprender mejor.

El impacto de las decisiones tomadas en esta fase son determinantes para el resto del proceso, hasta el punto que un pobre concepto de un producto es prácticamente imposible de mejorar en etapas posteriores. La figura 1 muestra el comportamiento de diversos factores del proceso de diseño.

Figura 1. Tendencias de factores de durante el proceso de desarrollo de productos.

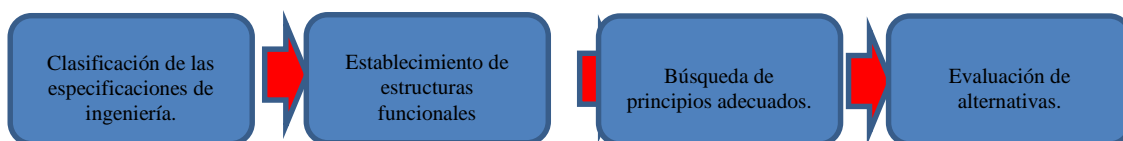


Fuente: *Research Opportunities in Engineering Design* (1996)

Desde el punto de vista metodológico, se entiende como la fase más temprana del desarrollo de un producto en la que se obtienen soluciones abstractas, generalmente incompletas, pero que se espera que se satisfagan los requerimientos y especificaciones iniciales del problema. Su objetivo, por lo tanto, es explorar las mejores alternativas para obtener uno o más conceptos de diseño que puedan utilizarse como base para desarrollar el producto en las subsiguientes fases.

Lo que a continuación está representado en la Figura 2, no sucede en forma secuencial aunque si mediante una sinergia difícil de analizar según (Alcaide, Diego, & Artacho, 2001)

Figura .2 etapas de diseño conceptual.



Fuente: *elaboración propia.*

*d. Herramientas de diseño actual.*

Se presenta aquí un breve resumen de las técnicas, métodos y herramientas que se han estado proponiendo como elementos de ayuda al desarrollo de productos. No siendo el objeto de esta investigación profundizar en ninguno de ellos, la presentación se limitara a explicar la parte formal de las principales tendencias actuales.

Evidentemente los métodos conocidos a nivel empresarial corresponden a combinaciones de alguna de aquellas técnicas y en esta sección se hace una rápida presentación de la más representativa dentro del enfoque orientado al diseñador, el cual mostramos en la siguiente tabla 2.

Tabla 2 Una clasificación de técnicas de modelación conceptual

Categoría		Técnicas o Herramientas	
Modelación funcional		•Multinivel	
		•Basada en procesos	
		•Basada en flujo de información	
Modelación basada en la gramática		Basada en aspectos formales	
		•Por formas gramaticales	
		•Por categorías de principios	
		•Por catálogos de solución	
		Por catálogos de patentes	
Modelación cualitativa de procesos		•“Bond Graphs” <sup>4</sup>	
		•Redes de Petri <sup>5</sup>	
		Cualitativa física	
		•Matemática	
Modelación cuantitativa de procesos		Simulación física	
Modelación estructural simbólica		•Gráfica de atributos	
		•Por relaciones espaciales	
		•Por esquemas simbólicos	
		Cinemática	
Modelación geométrica		•Esquemas asistidos por ordenador	
		•Basadas en “esqueletos”	
		•Modelación rápida de superficies	
		“Virtual Claying” <sup>6</sup> y “real claying”	
Técnicas de ideación		•Basada en casos	
		•Basada en restricciones	
		•Basada en características	
		Basada en analogías	

### **1.6.2. Evaluación.**

Es darle una valoración a un trabajo que vamos a realizar para luego medir su valoración en números.

Según (Arencibia & De Moya, 2008) en su artículo denominado la evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría, define como: la evaluación de la actividad científica es un elemento imprescindible para todos los programas de investigación, tecnología y desarrollo que se implementan en una sociedad. La cienciometría a contribuido al desarrollo de indicadores claves en la gestión de políticas científica y tecnológica, es necesaria la revisión de los indicadores cienciométricos utilizados, así como el fortalecimiento de los sistemas de información encargados de registrar y procesar la información científica, con el objetivo de desarrollar instrumentos evaluativos que aceleren el crecimiento de la producción científica a nivel nacional y mejoren su visibilidad y posicionamiento en el contexto de la actividad científica mundial

### **1.6.3. Encofrados.**

En el mundo de la construcción los encofrados se realizaban con materiales que se encontraban fácilmente en nuestro medio. Conforme pasaban los años se ha mejorado en el moldeado para darle un mejor acabado. A comienzos cuando estaba en auge la construcción, los materiales que más se utilizaba era la madera después se fue optimizando y luego modernizando, hasta llegar a usar de la madera, los metales, plásticos y los fenólicos como sistema de encofrado.

Ahora vamos a ver cómo ha evolucionado el encofrado:

➤ ***Época Romana y Medieval.***

Las primeras estructuras hechas con concreto en masa fueron los romanos, a los que podríamos considerar como los que impulsaron el encofrado para la construcción. El concreto en masa (concreto simple) no soporta grandes esfuerzos de torsión y tracción, las estructuras que se hicieron con los encofrados fueron las que soportaban compresión como: bóvedas, cúpulas, y arcos.

La cúpula del panteón de Roma fue la estructura más notable de esta época. Se hicieron presente los andamios para encofrados y también se hicieron encofrados temporales (moldes) con la forma de la estructura ya diseñada. Estas herramientas auxiliares para la construcción no solo se usaban para subir y vaciar el concreto, también se usaron para lo que es albañilería y los acabados posteriores.

Como se conoce en la historia los romanos eran expansionistas y conquistadores, junto con ellos llevaron la técnica del encofrado el cual se extendió por medio mundo al que invadieron, y fue así que se conoció el sistema de encofrado nuevo para estos pueblos, y luego fue evolucionando. (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

➤ ***Época Moderna.***

El concreto es que ha impulsado directamente al uso de los encofrados, motivo por el cual sin conocer el nacimiento del concreto no podríamos conocer la evolución del encofrado.

Los encofrados no evolucionaron durante la época medieval, los progresos del encofrado se estancaron en esta época, no fue como en el imperio romano, cuando se expandió como revelación.

Por otro lado, la sombra de épocas pasadas provoco un refinamiento en la construcción con piedras relevando a los encofrados. Para los mismos tipos de estructuras como son: las cúpulas, arco, bóvedas, entre otros. Si hablamos de evolución de la construcción, esto sucedió a finales del siglo XVII, y hablar de la revolución esto paso a partir del Siglo XIX.

Lo que realmente impulso fue el cemento en su forma natural y artificial, lo que hoy en día se conoce como Portland-Smeaton, y después Parker quien comercializaba los primeros cementos artificiales existentes, fue cuando realizaron estudios a estos nuevos materiales y vieron el comportamiento para luego propiciar la construcción de hornos Hoffman y posteriormente los hornos giratorios los cuales se usaron para la producción del cemento en forma más óptima.

Como una piedra de verdad es que se inserta la nueva piedra natural, para simular grandes trabajos, gracias a los moldes. y Gracias a su similitud con la piedra, y como una decoración crece la industrialización del mármol, apartándose mucho del mundo de la construcción la cual estaba encargada en la producción de estructuras. Con el ingreso de este nuevo material de construcción (cemento), la gran mayoría de artistas y arquitectos empezaron a experimentar, y es así que apareció en 1870, la primera patente de concreto armado por parte de Monie y Hennebique.

Ya en el Siglo XIX se realizan estudios de hasta qué punto puede llegar el uso del concreto armado, en construcciones verticales y horizontales. Es cuando comienza el uso íntegro del concreto en las construcciones y el uso de encofrados se vuelve imprescindible para cualquier edificación, ya sea encofrado horizontal o vertical, así como el movimiento Modernista, que huye del Eclecticismo a principios de la Edad moderna, encuentra en la construcción con concreto armado la racionalidad.

Así podríamos considerar a los ingenieros como los propulsores de los encofrados, principalmente el francés “I ecole du Ponts et Chaussers”, la construcción con tapial era una gran tradición, son los arquitectos los que realmente crearon la tendencia y la necesidad de insertar. Una mentalidad de dejar al olvido los adornos y ofrecer una libre arquitectura, sin ocultar la estructura. Le Corbusier es un ejemplo notorio.

Los encofrados de losas tienen su nacimiento en esta época, y cada vez se van perfeccionando los sistemas de encofrados, y también la utilización de ciertos materiales, así como la seguridad, también los puntales, planchas de acabado, barrotes hacen su nacimiento aquí. Su uso queda claramente patentado en las construcciones de

los Rascacielos, Insignia de la época Contemporánea. (Herrera, Moreno y Robles, 2014).

➤ *Época Contemporánea.*

Hoy en día los sistemas de encofrados ofrecen una variedad de soluciones rápidas y sencillas para construir ya sean cimientos, zapatas, columnas u otros elementos estructurales como si se tratara de una base.

Hoy en día, las propiedades que ofrece la construcción con concreto, y debido a su rápida ejecución, el uso de sistemas de encofrados se ha liberado el mundo de la construcción convirtiéndolo en una disciplina verdadera del antiguo sistema; el encofrado.

Conforme avanza el tiempo, el concreto y sus diferentes encofrados en su integro se van perfeccionando para el mejor desempeño del trabajo, y el acero como componente principal, y eficiente en las construcciones; medianas y grandes debido a su alta eficiencia y su rápido montaje.

Desde esta perspectiva ha quedado mermado el uso del concreto armado, pero en estructuras como: columnas, vigas, losas, se ha ampliado su alcance, y en lo que es grandes infraestructuras como puente, presas, canales, etc.

Entonces debemos afirmar que el posicionamiento de los encofrados está directamente relacionado al concreto y su uso en la construcción así lo demuestra, el sistema de encofrados se ha posesionado, en la actualidad como una herramienta básica y necesaria para realizar los actuales proyectos.

Después de que terminara la segunda guerra mundial el sistema de encofrados metálicos estuvo en la cumbre, y se mantuvo durante más de dos décadas, puesto que costo tiempo y esfuerzo posicionarse en el mercado, pues este nuevo sistema de encofrar debía ganara la confianza en la construcción, por esto y más el acostumbrarse, para obtener todos los beneficios y conocer sus cualidades es un gran avance, la forma de cómo se encofraba ya era un adelanto tecnológico, pues por primera vez se vio paneles de 20m<sup>2</sup>. (Herrera, Moreno, & Robles, 2014)

➤ *Encofrados en el Perú.*

Por el uso temporal que tienen los encofrados, y no formar parte de la estructura definitiva de una construcción, no son considerados como importantes en la contribución que hacen al proyecto en general, se piensa que no influye en el resultado. En realidad, depende del encofrado como se lleve el proceso constructivo y de calidad. La madera desde un inicio se generalizo como la única materia prima para la construcción de encofrados.

Las denominaciones varían en los países de Latinoamérica tal es que: En “cimbras” se denominan en México, en Perú Argentina y Ecuador se denominan “encofrados”, y “moldes” en Chile, generalmente son de madera, algunos son sub productos de madera los cuales siguen gobernando el sistema de los encofrados, pero últimamente se ha ido utilizando encofrados metálicos, plásticos, entre otros.

La madera en el Perú es el principal componente para los encofrados puede ser cepillada o simplemente aserrada, entre las que destacan son las tablas y los puntales que actúan como pies derechos y estas sirven para encofrar losas, columnas, vigas, muros, etc. Otro material comúnmente utilizado es el tablero contrachapado de madera, especialmente para el encofrado de bóvedas cascaras y concreta cara vista.

Existen normas a seguir para el uso de encofrados como: la norma E-060 – concreto armado, principalmente se trata el encofrado en (capitulo 6) diseño y remoción de encofrados y la norma G-050 trata de la seguridad durante la construcción en la NTP (norma técnica peruana).

NTP 400,033 andamios, clasificaciones y sus modificaciones. NTP 400,034 andamios requisitos y sus modificaciones. Y con todo lo que es de calidad de la madera lo respalda la Norma ITINTEC 251,104 96. (Arapa & Maldonado, 2017).

## 1.7. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

### 1.7.1. *Diseño de encofrados.*

Cuando hablamos de diseño estamos hablando de un cómo debo fabricar, en este caso de cómo fabricar un encofrado usando fenólicos, para lo cual debemos tener en cuenta algunos aspectos de definición lo que nos llevara a entender de qué características debe tener un encofrado para su optima utilización.

De acuerdo a la norma técnica peruana (E60) el uso de encofrados también es gobernada por esta norma así sea indirectamente, para lo cual debemos conocer lo siguiente:

#### a- *encofrado.*

Con los encofrados podemos realizar diferentes formas de estructuras, perfiles y dimensiones, requeridos en los planos y en las especificaciones técnicas. Según el Reglamento de Edificaciones, esto se define así:

Conjunto de elementos que sirven para contener la masa de concreto hasta su endurecimiento, optan también otros nombres como moldes, formas, entre otros.

(Apaza & Machaca, 2020)

#### b- *comportamiento.*

El comportamiento de los materiales de construcción comúnmente usados, y las propiedades de los materiales usados en obras civiles, estas se incluyen en las normas y estándares que describen estos materiales.

Existen prácticas experimentales y ensayos de laboratorio con presentaciones de informes las cuales concluyen lo que son los comportamientos de los materiales.

#### c- *Pandeo*

Ciertamente es el conocido el factor esbeltez, esta es la relación entre la longitud y la superficie del elemento si le haces un corte perpendicular.

**d- Presión**

Es cuando aplicamos una fuerza contra algo tratando acortar o reducir en su longitud un elemento.

**e- Resistencia**

Es la cantidad de oposición que tiene cierto elemento a la aplicación de una fuerza, otras pueden tener mayor resistencia que otras.

**f- Rendimiento.**

El rendimiento es la cantidad de tiempo, que se necesita para ejecutar una obra en su plenitud, sea por un obrero o una cuadrilla. Se relaciona directamente con el porcentaje de ejecución de un proyecto, podemos cuantificar el rendimiento por mediciones en obra y está sujeto a diferentes condiciones de los empleados. (consuegra, 2006).

Tipos:

- Rendimiento de materiales
- Rendimiento de herramientas
- Rendimiento de mano de obra.

**g- versatilidad.**

Lo comentamos como un material que tiene la capacidad de adaptarse con facilidad, rapidez a distintas funciones. Es una característica que poseen ciertos elementos como algo que es realmente valorable.

**1.7.2. Evaluación de encofrados.**

Son los exámenes que se van a realizar al encofrado, para determinar cuál es el grado de excelencia que tiene dicho encofrado, mediante la evaluación vamos a determinar sus eficiencias, deficiencias, durabilidad, y para el uso que fue diseñado.

Dentro de estos debemos ver también lo siguiente:

➤ *Según su posición*

- a) Encofrados horizontales que son los utilizados para ejecutar elementos estructurales dispuestos horizontalmente como losas, forjados, tableros de puentes, etc.
- b) Encofrados verticales son los que se colocan en esta posición o ligeramente inclinados (muros, pilares, pilas de puentes, presas, etc.). Según el modo transmisión de los esfuerzos se clasifican en:
  - c) Encofrados a una cara; son aquellos en los que o bien dos caras encofrantes no están unidas por tirantes, o bien no existe una de las caras. Las presiones de hormigonado son absorbidas por estructuras externas al encofrado.
  - d) Encofrados a dos caras; las presiones de hormigonado son absorbidas por tirantes internos que atan las dos caras encofrantes.

➤ *Según el acabado del hormigón*

- encofrados de hormigón visto
- encofrados de hormigón no visto

➤ *Según el material de ejecución*

- Encofrados de madera
- Encofrados metálicos
- Encofrados plásticos
- Encofrados de contrachapado (fenólicos) o aglomerado de madera
- Encofrados de cartón
- Encofrados de poliestireno

- ***Según el número de usos***
  - Encofrados recuperables
  - Encofrados perdidos o no recuperables
  
- ***Según la forma de trabajo***
  - Encofrados fijos; pilares, muros, losas.
  - Encofrados con desplazamiento (móviles); trepadores, autotrepadores, deslizantes, especiales.
  
- ***Según costos unitarios.***

Es el valor promedio de una cierta fabricación o producción, también es la cantidad económica que cuesta producir una cantidad de cierto producto o un producto, esto se obtiene al dividir el precio total de la producción entre el número de productos.

### ***1.7.3. Fenólicos.***

Los paneles fenólicos o compacto de resinas fenólicas son tableros a base de múltiples hojas de celulosa impregnadas con resinas fenólicas, a alta temperatura y presión.. Son materiales muy apreciados debido a su gran dureza y resistencia al uso. Las caras exteriores se pueden decorar con láminas de colores y resinas. El material fenólico se trata de un material rígido e hidrófugo.

Resisten a la humedad y al calor, son materiales muy poco porosos con lo cual son antisépticos, antibacterianos e higiénicos. Presenta múltiples ventajas como alta resistencia y bajo mantenimiento. Además necesita muy poco mantenimiento y es muy fácil de limpiar.

➤ Diferentes tipos de paneles fenólicos.

Existen diferentes tipos de paneles fenólicos dependiendo de su composición.

El tablero compacto fenólico HPL (High Pressure Laminate) de fibras de madera es un material que se obtiene a través de la mezcla de fibras de madera y resinas fenólicas sometidas a un tratamiento de alta presión y temperatura. Si quieres saber más sobre las resinas fenólicas en Wikipedia lo explican detalladamente. Las características físicas, mecánicas, proceso de fabricación, acabados y usos son exactamente iguales al tablero fenólico (HPL) de papel Kraft.

El tablero compacto fenólico (HPL) de papel Kraft, realizado con láminas sobrepuestas de papel Kraft. Lo podemos encontrar en diferentes espesores y con innumerables acabados, pudiendo elegir el motivo decorativo con el color y textura deseada. Debido a su alta absorción de la humedad es un tablero especialmente recomendado para exterior. Su superficie perfectamente pulida presenta un comportamiento fungicida, ya que impide la fijación y reproducción de colonias bacterianas, siendo de fácil limpieza y desinfección.

Por último, tenemos los contrachapados fenólicos o contrachapados marinos. Son tableros compuestos de varias hojas de madera superpuestas en sentido perpendicular unas de otras para elevar su resistencia mecánica. Es mediante la unión de estas láminas donde encontramos su carácter hidrófugo. Debido a sus características, los contrachapados fenólicos son ideales para exteriores tratados, interiores húmedos y equipamiento en la construcción, mobiliario y construcción en la industria náutica. Mientras que los contrachapados fenólicos filmados se utilizan en escenarios y suelos técnicos al exterior, andamios, plataformas de carga, suelos de camiones y furgonetas.

#### ***1.7.4. Construcción.***

Se designa con el término de Construcción a aquel proceso que supone el armado de cualquier cosa, desde cosas consideradas más básicas como ser una casa, edificios, hasta algo más grandilocuente como es el caso de un rascacielos, un camino y hasta un puente.

Entonces, deberíamos señalar a este, el arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras, como el sentido más difundido que ostenta la palabra, sin embargo, hay otros.

En términos muy generales, se denominará construcción a todo aquello que suponga y exija antes de concretarse disponer de un proyecto predeterminado y que se hará uniendo diversos elementos de acuerdo a un orden.

##### **➤ *La fuerza del ser humano y el soporte de la máquina***

En la construcción actual se integra la mano de obra tradicional, como ser los obreros, con la otra mano de obra en la cual entran en juego aparatos y maquinarias más especializados que son los que en definitivas cuentas permitirán trabajar cuando las dimensiones superan el alcance de las manos y las piernas humanas y también son las que consiguen que el margen de error no exista o sea prácticamente nulo y los arquitectos se ahorren más de un dolor de cabeza rompiendo paredes, haciendo huecos, entre otros.

##### **➤ *Construcción Modular***

Una modalidad que ha ganado terreno en la industria de la construcción es la de la llamada construcción modular, la cual consiste en que muchas de las grandes partes de un edificio puedan ser construidas lejos de donde será el emplazamiento final del mismo. Los diferentes módulos se ensamblan tal como señala el plan y es increíble como a través de esta se pueden reducir tanto los tiempos como los costos.

## **1.8. FORMULACION DE LA HIPOTESIS.**

Mediante el diseño y la evaluación correcta del encofrado con fenólicos se podrá realizar la construcción de la institución privada Innova school de la ciudad de Juliaca.

## **II. MATERIAL Y METODOS.**

### **2.1. MATERIAL.**

#### ***2.1.1. Humanos.***

- Dos (02) operarios.
- Dos (02) peones.

#### ***2.1.2. Materiales.***

- Un (01) plancha de fenólico.
- Seis (06) ejes roscados con sus tuercas.
- Tensores de acero
- Bastidores
- Esquineros externos.
- Esquineros internos.

#### ***2.1.3. Servicios.***

- Servicio de corte de fenólicos.
- Servicio de ensamblado de fenólicos a los batidores (carcasa).
- Servicio de encofrado y desencofrado.

- Servicio de armado de estribos

## **2.2. MATERIAL DE ESTUDIO.**

### ***2.2.1. Población.***

La población es delimitada, las características similares tendrán investigaciones extensas y estas serán limitadas por los objetivos. Para esta investigación la población estará compuesto por las condiciones que nos permitan las vigas, columnas, y losas del colegio Innova School de la ciudad de Juliaca.

### ***2.2.2. Muestra.***

Es un subconjunto específico y delimitado que se aparta de la población y es definido como una muestra. En la presente tesis se tomará como muestra de investigación los trabajos realizados en campo y en gabinete, entre ellos una columna, una viga, y una losa respectivamente en la ejecución de la obra Innova School de la ciudad de Juliaca. El muestreo en la presente investigación es de carácter No Probabilístico por conveniencia: Porque es una técnica donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

## **2.3. TECNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.**

### ***2.3.1. Para recolectar datos.***

Para la recolección de datos usaremos en primera instancia la técnica del análisis de la información, y como instrumentos la matriz de análisis de datos, para lo cual hacemos

la revisión de documentos como libros, tesis, revistas, planos, especificaciones técnicas, entre otros. Todo lo concerniente a los encofrados nos será de utilidad.

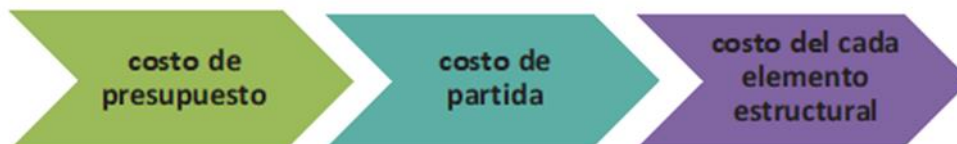
Asimismo, utilizaremos la técnica de la observación en campo y como instrumento la guía de observación para recolectar información en campo referido a datos de rendimientos de las cuadrillas de encofrados.

Los instrumentos han sido validados con opinión de expertos, entre ellos el asesor de la tesis.

### 2.3.2. Para procesar datos.

Para procesar los datos se realizó un análisis cualitativo para los resultados de los formatos establecidos en el método PCI, y MTC, y también se realizó un Análisis estadístico para resultados de los datos y también se realizó los gráficos estadísticos por cada método.

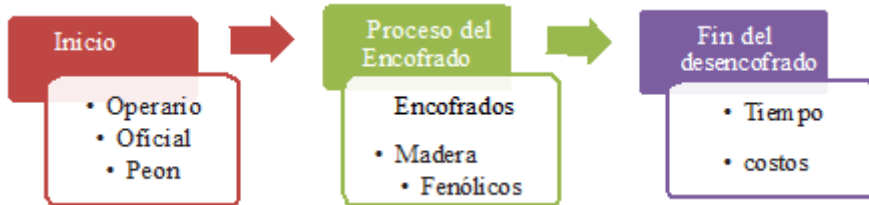
*Figura 3.* Recolección de costos.



*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

Figura 4. Recolección de datos.



Nota: elaboración propia

Fuente: recursos propios

## 2.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

En el siguiente cuadro vamos a desarrollar nuestra operacionalización:

Tabla 3 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	und.
DISEÑO Y EVALUACION DEL ENCOFRADO DE VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS CON FENOLICOS PARA CONSTRUCCION DEL COLEGIO INNOVA SCHOOL	Diseño del Encofrado de Vigas, Losas y Columnas con Fenólicos	Predimensionamiento Vigas, Losas, Columnas	Unidades
		Calculo Esfuerzos Vigas	Kg-cm2
		Calculo Esfuerzos Columnas	Kg-cm2
		Calculo Esfuerzos Losas	Kg-cm2
		Calculo Esfuerzos Puntales	Kg-cm2
	Evaluación de Rendimientos Costo de la Solución Propuesta	Rendimientos Vigas	HH-m2
		Rendimientos Columnas	HH-m2
		Rendimientos Losas	HH-m2
Metrados de Elementos del Encofrado		Unidades	

	Precio Unitario Encofrado Vigas	S/
Evaluación de Costo de la Solución Propuesta	Precio Unitario Encofrado Columnas	S/
	Precio Unitario Encofrado Losas	S/
	Precio Unitario Encofrado Puntales	S/
Evaluación Funcional y Técnica	Integridad, Seguridad, Flexibilidad	Gbl
	Transporte, Almacenamiento, Acabados	Gbl
	Disponibilidad de Mano de Obra	Gbl

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

### **III. RESULTADOS.**

#### **3.1. PROPUESTA DEL ENCOFRADO CON FENÓLICOS.**

El sistema de encofrado que se propone, es un sistema de encofrado con una estructura de metal con la cara hacia el encofrado de fenólico, lo cual es un material industrializado especialmente para su uso en la construcción, por los bastidores, alineadores, y por el uso de barras roscadas es fácilmente confundido con el encofrado metálico, la diferencia es que es más liviano que el encofrado metálico.

El sistema de encofrado propuesto, se desarrolló para agilizar la obra en la ciudad de Juliaca, por el tipo de clima de la región (generalmente las obras son en la época de lluvia, por lo cual la obra se aprovecha al máximo mientras no hay lluvia). Por lo cual vamos a tomar algunos criterios. ,

- Desencofrado de losas ya sean aligeradas o macizas el tiempo es de 15 a 21

días con un concreto normal.

Principalmente nuestro deseo fue acortar los tiempos con un sistema de encofrado versátil, económico, y de fácil manejo. Como solución se diseña un sistema de encofrado que:

- Que tenga la mejor calidad en su acabado al menor costo.
- Que sea accesible a las pymes, y cualquier otro constructor que desee ahorrar tiempo y dinero, en sus edificaciones, ya sean de pequeña o gran envergadura

### **3.2. MATERIALES A UTILIZAR Y SUS PROPIEDADES:**

Lamina de acero A 33, 1/8 (3.2mm) para tiras de refuerzo y plancha de 3/32 (2.4 mm)

Esfuerzo admisible ( $\sigma$ ) = 1 890 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo admisible por corte ( $\tau$ ) = 7 461,97 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad (E) = 2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Sección de lámina en uso:

Base = 0.50 m.

Alto = 2,4 mm

### **PROPIEDADES DE LOS BASTIDORES A UTILIZAR.**

Esfuerzo admisible ( $\sigma$ ) = 1 890 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo admisible por corte ( $\tau$ ) = 7 461,97 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad (E) = 2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Sección de lámina en uso:

Base = 10,16 cm y alto = 5,08 mm.

### 3.3. DISEÑO DE ENCOFRADO DE COLUMNA.

#### 3.3.1. CALCULO DE LA PRESIÓN MÁXIMA DEL CONCRETO.

$$Pm = 7.2 + \frac{785 * R}{17.8 + T} = 1\ 151.50\ Kpa$$

Se da el caso en que R es mayor que 2m/h, para vamos a considerar la siguiente formula.

$$Pm = 23.52 * H = 88.20Kpa = 0.90Kg/cm2$$

La presión máxima es 0,9 Kg/cm<sup>2</sup> y este resultado se encuentra dentro lo permitido que es 14 650 Kg/m<sup>2</sup>, y la presión mínima para el diseño de una columna no debe ser menor de 3 000 Kg/m<sup>2</sup>.

#### 3.3.2. CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA.

Sección de la lámina metálica: h = 0,24 cm                      b = 50,0 cm

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3 = 0.057\ cm^4$$

#### 3.3.3. CALCULO DE REFUERZO VERTICAL.

**Cálculo de Wy:** Carga distribuida más desfavorable:

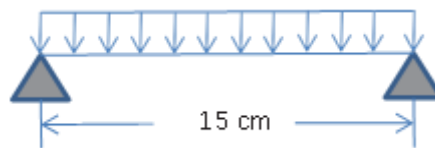
$$Wy = Pm * b = 44.98\ Kg/cm^2$$

Verificación por flexión: 
$$Ly = \sqrt{\frac{10 * fm * s}{w}} = 14.20\ cm$$

Verificación por deflexión  $L1 = \sqrt[4]{\frac{128 * E * I *}{w}} = 16.20 \text{ cm}$

Verificación por corte  $L1 = \frac{f_v * A}{0.9 * w} = 2\ 212.50 \text{ cm}$

Separación de refuerzo vertical  $L1 = 15 \text{ cm}$



La verificación por corte no es necesario diseñar por lo general las estructuras de metal son excelentes para resistir el esfuerzo cortante.

Para el caculo de refuerzo, en este punto la sección del panel ya tiene la forma de la estructura de la obra por compleja que sea

### 3.3.4. MOMENTO DE INERCIA.

Momento de inercia del panel (teorema de Steiner)

Cuando es una figura compleja, lo ideal en este caso es descomponer la sección transversal en 06 áreas distintas.

Tabla 4 *Calculo del momento de Inercia - Columna.*

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y1 (cm)	A*y (cm <sup>3</sup> )	d	d <sup>2</sup>	A*d <sup>2</sup>	I	I = I + Ad (cm <sup>4</sup> )
50	0,24	12,00	0,12	1,44	-1,39	1,92	23,07	0,0576	23,13
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
0,32	6,00	1,92	3,24	6,22	1,73	3,00	5,77	5,7600	11,53
Sumatorias		21,60		32,54					

Momento de inercia de la sección transversal	80,77
--	-------

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

$$Y' = \frac{\sum AY}{\sum A} = 1.51 \text{ cm} \quad d = Yn - Y'$$

### 3.3.5. MOMENTO RESISTENTE.

En este caso al igual que el anterior descomponemos el panel en 06 elementos rectangulares simples.

**Primero.** – para poder calcular es necesario es necesario conocer la ubicación del eje neutro, para lo cual tomaremos el valor calculado para el momento de inercia.

**Segundo.** – determinamos el momento de inercia con respecto al eje neutro mencionado.

Tabla 5 Cálculo del momento resistente - Columna.

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Dis Total (cm)	Cg (cm)	M Inercia X-X (cm <sup>4</sup> )
50	0,24	1,51	0,12	23,24
0,32	6,00	1,73	3,00	8,86
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
0,32	6,00	1,73	3,00	14,51
Momento Inercia Total eje Neutro X-X				90,15

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

La fórmula con la que determinamos el momento o módulo de resistencia “S” del perfil del panel de fenólico es:

$$S = \frac{I_{xx}}{y_{max}} = 19.05 \text{ cm}^3$$

Dónde:

$I_{xx}$  = momento de de inercia con respecto al eje xx.

$Y_{max}$  = es la distancia del eje neutro de la sección a la fila más alejada de la misma.

$$Y_{max} = D_{max} - Y' = 4.73 \text{ cm}$$

**Calculo de W1:** carga distribuida más desfavorable:

$$W1 = P_m * b = 44.98 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Verificación por flexión: } L1 = \sqrt{\frac{10 * \sigma * S}{w}} = 89.46 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión } L1 = \sqrt[4]{\frac{128 * \delta * E * I}{w}} = 99.13 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte } L1 = \frac{t * A}{0.9 * w} = 3981.71 \text{ cm.}$$

Si se toma la menor separación entre barros  $L1 = 89.46 \text{ cm.}$

Longitud a tomar en obra  $L1 = 90 \text{ cm.}$

**Calculo de W2:** (Tramo 2).

Cuando:  $H2 = 2,50 \text{ m.}$  y su presión máxima es  $P_m = 58,8 \text{ kpa} = 0,60 \text{ Kg/cm}^2$

$$W2 = P_m * b = 29,98 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Verificación por flexión } L2 = \sqrt{\frac{10 * \sigma * S}{\omega}} = 109.57 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexión } L2 = \sqrt[4]{\frac{128 * \delta * E * I}{\omega}} = 109.70 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte } L2 = \frac{\tau * A}{0.9 * \omega} = 1512.78 \text{ cm.}$$

Se toma la menor separación entre bastidores:  $L1 = 109,57 \text{ cm.}$

Longitud a tomar en obra:  $L1 = 110 \text{ cm.}$

**Calculo de W3: (Tramo 3).**

Cuando:  $H3 = 1,25$  m. y su presión máxima es  $Pm = 29,4$  kpa =  $0,30$  Kg/cm<sup>2</sup>

$$W1 = Pm * b = 14,99 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Verificación por flexión } L3 = \sqrt{\frac{10 * \sigma * S}{\omega}} = 154.95 \text{ cm.}$$

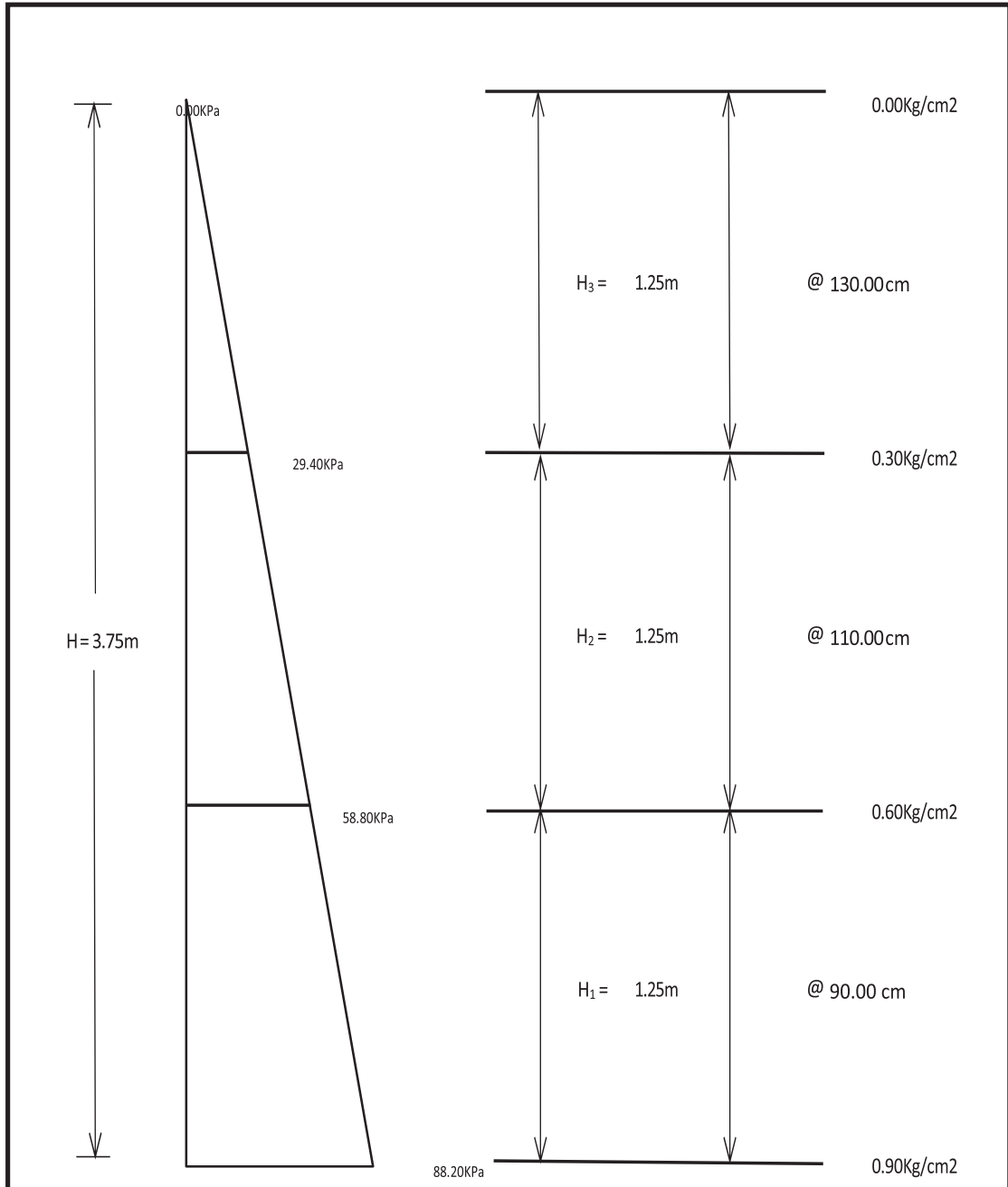
$$\text{Verificación por deflexion } L3 = \sqrt[4]{\frac{128 * \delta * E * I}{\omega}} = 130.46 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte } L3 = \frac{\tau * A}{0.9 * \omega} = 1945.13 \text{ cm.}$$

Se toma la menor separación entre bastidores  $L1 = 130,46$  cm.

Longitud a tomar en obra  $L1 = 130$  cm.

Grafico N° 5.: Presión del encofrado en Columna.



Nota: elaboración propia

Fuente: recursos propios

### 3.4. DISEÑO DE ENCOFRADO PARA LOSA.

Lo que se quiere es analizar cuál sería la variación de encofrado con fenólico con respecto al encofrado convencional en losa aligerada.

Los puntales tienen definido sus capacidades de carga, lo que vamos a estudiar es el fondo de la viga con mayor énfasis.

#### *a. Características generales de la losa aligerada.*

- ✓ Peralte de losa aligerada (PL) = 0,2 m.
- ✓ Peralte del ladrillo o tecnopor (PAlig) = 0,15 m.
- ✓ Ancho del ladrillo o tecnopor (AnAlig) = 0,3 m.
- ✓ Ancho de las vigas (Anv) = 0,1 m.
- ✓ Peso del ladrillo o tecnopor por m<sup>2</sup> = 80 Kg
- ✓ Flecha admisible de la losa aligerada = 0,2 cm.
- ✓ Sobre carga (peso de la obra temporal + obreros) S/C = 250 Kg/m<sup>2</sup>.
- ✓ Peso específico del concreto (Pe) = 2 400 Kg/m<sup>3</sup>.

#### *b. Características de planchas de acero ASTM A36.*

Sección de plancha de contacto con concreto

- ✓ Base (b) = 50 cm
- ✓ Altura (h) = 0,24 cm (3/32")

Sección de plancha de refuerzo de formaletas (tiras troqueladas)

- ✓ Base (b) = 0,32 cm (1/8")
- ✓ Altura (h) = 06 cm

Propiedades físico mecánicas de las planchas de acero ASTM A36

- ✓ Esfuerzo Permisible por flexión ( $\sigma$ ) = 1 890 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Esfuerzo Permisible por corte ( $\tau$ ) = 7 461,87 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Módulo de elasticidad(E) = 2 100 000 Kg/cm<sup>2</sup> Pie derecho:
- ✓ Pie derecho metálico con capacidad de carga de 750 kg a 3 m de longitud de los alineadores (plancha troquelada):
  - ✓ Base (b) = 2” = 5,08 cm
  - ✓ Altura (h)= 4” = 10,16 cm Propiedades de los alineadores.
  - ✓ Esfuerzo Permisible por flexión (fm) = 100 Kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Esfuerzo Permisible por corte (fv) = 12 Kg/cm<sup>2</sup>
  - ✓ Módulo de elasticidad (E) = 100 000 Kg/cm<sup>2</sup>

**c. Medrado de Cargas.**

Loza aligerada	$= P_L \times P_e \times 1m \times 1m =$	120 Kg/m <sup>2</sup>
Vigueta	$= An_v \times P_{Alig} \times 1m \times P_e \times \frac{1}{An_v + An_{Alig}} =$	90 Kg/m <sup>2</sup>
Ladrillo	en funcion a P <sub>Alig</sub>	80 Kg/m <sup>2</sup>
Sobre carga	Peso de personal y estructura temporal	250 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga total</b>		<b>540 Kg/m<sup>2</sup></b>

**Carga distribuida por vigueta:**

$$An_{tv} = An_{tv} + An_{alig} = 0.4m$$

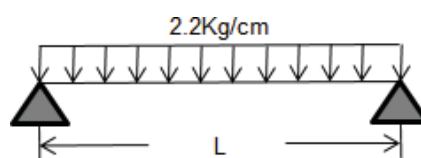
$$w_{dv} = c_t * An_{tv} = 216 \frac{kg}{m} = 2.16 kg/cm$$

**Calculo de Separación entre alineadores.**

Siendo L la longitud de separación entre alineadores.

Carga distribuida sobre fondo de vigueta

$$An_{tv} = C_t * An_{tv} = 2.16 kg/cm$$



### 3.5. MOMENTO DE INERCIA DE LA VIGA.

Vamos a trabajar con él (teorema de Steiner)

Al igual que hemos realizado para la comuna descomponemos la sección transversal en 05 áreas distintas según la forma.

Tabla 6 Cálculo del momento de Inercia – viga.

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Y1 (cm)	A*Y (cm <sup>3</sup> )	d	d <sup>2</sup>	A*d <sup>2</sup>	$\bar{I}$	I= $\bar{I}$ +Ad (cm <sup>4</sup> )
3,5	0,24	0,84	2,96	2,49	1,97	3,86	3,25	0,0040	3,25
3,5	0,24	0,84	2,96	2,49	1,97	3,86	3,25	0,0040	3,25
0,24	2,72	0,65	1,60	1,04	0,61	0,37	0,24	0,4025	0,64
0,24	2,72	0,65	1,60	1,04	0,61	0,37	0,24	0,4025	0,64
19,5	0,24	4,68	0,12	0,56	-0,87	0,76	3,58	0,0225	3,60
Sumatorias		7,67		7,62					
Momento de inercia de la sección transversal									11,38

Nota: elaboración propia

Fuente: recursos propios

$$A = \pi r^2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum AY}{\sum A} = 1.02 \text{ cm} \quad d = Y_n - \bar{Y}$$

#### A. Momento resistente o flexionante del panel fenólico.

Al igual el panel de fenólico será descompuesto en 05 elementos rectangulares.

**Primero.** – para hacer el cálculo, es necesario conocer la ubicación del eje neutro.

**Segundo.** – luego determinamos el momento inercia con respecto al eje neutro.

Tabla 7 Cálculo del momento resistente – viga.

Base (b) (cm)	Altura (h) (cm)	Dis. Total (cm)	Cg (cm)	M Inercia X-X (cm <sup>4</sup> )
3,5	0,24	2,3	0,12	4,00
3,5	0,24	2,3	0,12	0,90
0,24	2,72	2,06	1,36	0,47
0,24	2,72	2,06	1,36	0,47

19,5	0,24	0,78	0,12	0,36
Momento Inercia Total eje Neutro X-X				6,20

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

Para determinar el momento o módulo de resistencia “S” del perfil del panel de fenólico es:

$$S = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} = 2.84 \text{ cm}^3$$

Dónde:  $I_{xx}$  = momento de inercia respecto al eje xx.

$Y_{max}$  =rs la distancia del eje neutro ala fila más alejada de la misma.

$$Y_{max} = D_{max} - \bar{Y} = 2.18 \text{ cm}$$

Con los valores obtenidos procedemos a realizar los cálculos

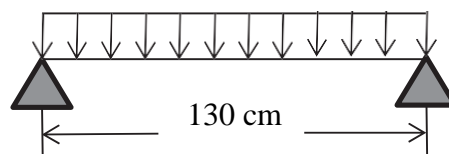
$$\text{Verificación por flexión } L_s = \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma \cdot S}{\omega}} = 157.80 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por deflexion } L_s = \sqrt[4]{\frac{128 \cdot \delta \cdot E \cdot I}{\omega}} = 129.74 \text{ cm.}$$

$$\text{Verificación por corte } L_s = \frac{\tau \cdot A}{0.9 \cdot \omega} = 29 \ 423.72 \text{ cm.}$$

Se toma la menor separación entre los alineadores  $L_s = 129,74 \text{ cm}$ .

Longitud a considerar en obra  $L_s = 130 \text{ cm}$ .



**b. Calculo de Separación entre Puntales.**

Considerando que “L” sea la longitud entre los alineadores o la separación entre puntales.

Carga distribuida sobre el alineador  $W_{dv} = C_t * L_s = 7.02 \text{ Kg/cm}$

Momento de inercia del alineador  $I = \frac{b*h^3}{12} = 443.98 \text{ cm}^4$

Momento resistente a la flexión del alineador  $S = \frac{b*h^2}{6} = 87.40 \text{ cm}^3$

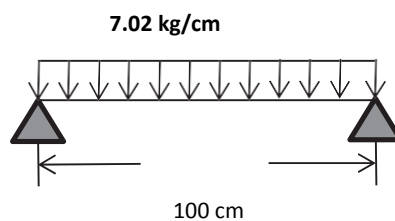
Verificación por flexión  $L_p = \sqrt{\frac{10*f_m*S}{\omega}} = 111.58 \text{ cm.}$

Verificación por deflexión  $L_p = \sqrt[4]{\frac{128*\delta*E*I}{\omega}} = 112.80 \text{ cm.}$

Verificación por corte  $L_p = \frac{f_v*b*h}{0.9*w} = 98.03 \text{ cm.}$

Se toma la menor separación entre puntales  $L_p = 98,03 \text{ cm.}$

Longitud a tomar en obra  $L_p = 100 \text{ cm.}$



**c. Calculamos carga de influencia sobre cada puntal.**

$\omega_p = \omega_s * L_p = 702 \text{ Kg}$

Capacidad admisible del puntal es = 700 kg, por consiguiente, el puntal estaría al límite de su capacidad, por el cual es recomendable reducir el espaciado de puntales a 95 cm o en su defecto adquirir puntales más robustos.

*Figura N° 6: Fotografías de Puntales*



*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

**Contra Flecha.** – contrario a la flecha es el desplazamiento negativo a veces indicado en el proyecto, que se da, al encofrar vigas u otros elementos similares de concreto armado previo al vaciado de concreto.

Es más crítico en las losas, la relación longitud-espesor de una losa, pero esta se obtiene haciendo un cálculo:

$$\text{Contra flecha (mm)} = L / 120 + 0,05$$

Dónde:

L = longitud en cm. 120 es una constante al igual que 0,05.

*Figura N° 7: Fotografías del encofrado con fenólico - Viguetas*



*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

En la imagen se observa un fondo extensible y en la segunda los fondos de vigueta apoyados sobre los alineadores.

Los fondos de vigueta extensibles, consiste en un par de perfiles en “C” uno de menor dimensión en sección de manera que pueda ser alojado dentro de su par de modo tal que pueda ser extensible, su capacidad de trabajo es de 2,50 m hasta 4,70 m. necesariamente debe estar apoyado sobre el alineador (riel), pues los cálculos nos dan como resultado una separación de 1,30 m y la separación de los puntales en los alineadores de 1,00 m. CALCULO DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO.

Se realiza el análisis de costos unitarios para los elementos más esenciales de una obra de edificación entre ellos se tienen:

- ✓ paneles de fenólico de diferentes dimensiones.
- ✓ Esquineros internos.
- ✓ Esquineros externos.
- ✓ Puntales telescópicos (pie derecho).
- ✓ Alineadores de acero con perforaciones.

- ✓ Tensores de varilla roscada de 5/8” con tuerca mariposa.
- ✓ Tensores tipo corbatín con platina de 3/4” x 1/8” x 10” (opcional).

Le pusimos entusiasmo en el Análisis de Precios Unitarios de cada elemento a fabricar y se demuestra en las siguientes tablas; pero cuando nos planteamos a diseñar un modelo de encofrado este no se ajusta por completo a los problemas, demandas, situaciones y necesidades del proyecto en sí, en el campo de ejecución, es aquí cuando se hacen las observaciones con los operarios y maestros de obra, quienes dan su punto de vista y nos hacen ver las ventajas y desventajas.

Debemos indicar que en esta tabla no vamos a considerar algunos elementos que consideramos muy costosa su fabricación, mejor será comprarlo en ferretería y otros lugares entre ellos tenemos:

- ✓ Grapas, Varillas roscadas y Tuerca copa.

*Tabla 8 Equipo Necesario para Fabricación de Encofrados con fenólico*

<i>Equipo Necesario para Fabricación de Encofrados con fenólico (Modulo y/o Tablero)</i>				
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALOR</b>
1,00	Equipo de soldadura MIG MAG, MIG-250 IGBT WELDWELL.	Unid.	S/. 4 250,00	S/. 4 250,00
1,00	Equipo de soldadura por arco invertir wellder ARC-201, WELDWELL.	Unid.	S/. 900,00	S/. 900,00
1,00	Compresora de aire METABO de 2 HP.	Unid.	S/. 550,00	S/. 550,00
1,00	Tronzadora de perfiles y tubos metálicos MAKITA	Unid.	S/. 800,00	S/. 800,00
1,00	Amoladoras de 2 400 watts CROWN.	Unid.	S/. 180,00	S/. 180,00
1,00	Taladros de 1 400 watts CROWN.	Unid.	S/. 1 800,00	S/. 1 800,00
4,00	Extensiones con cable vulcanizado y tomas industriales de 25 metros 14 AWG	Unid.	S/. 75,00	S/. 300,00
1,00	Amoladoras de 1 200 watts LACELA	Unid.	S/. 100,00	S/. 100,00
1,00	Cizalla manual para planchas hasta 4 mm	Unid.	S/. 580,00	S/. 580,00
1,00	Taladro de columna de 2 hp de potencia	Unid.	S/. 1 800,00	S/. 1 800,00
1,00	Equipo de troquelado de 40 toneladas de fuerza. (Segunda)	Unid.	S/. 14 560,00	S/. 14 560,00
2,00	Careta de soldador con luna fotosensible a baterías	Unid.	S/. 170,00	S/. 340,00
8,00	Tomas y enchufes industriales con P/T	Par	S/. 34,50	S/. 276,00
1,00	Equipo de oxicorte	Unid.	S/. 1 300,00	S/. 1 300,00
			<b>TOTAL COTIZACIÓN =</b>	<b>S/. 25 145,00</b>
			<b>Credito fiscal, IGV (18%)</b>	<b>S/. 3 835,68</b>

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

### 3.5.1. *soldadura a emplear.*

Existen una gran variedad de procesos de soldadura, donde la soldad se realiza mediante el cierre de circuito y así se produce el arco eléctrico. Todos estos procesos los vamos a mencionar a continuación:

- soldadura con arco manual.
- Soldadura con procesos industriales (MIG, MAG, TIG).

#### **A.- Soldadura por arco manual con electrodo revestido.**

Para este proyecto solo vamos a ver dos tipos de electrodos para desarrollar nuestro plan.

**Supercito E7018**, recomendado para trabajos cuya unión sea una soldadura no mayor a 42.2 kg/mm<sup>2</sup> de resistencia.

**Cellocord 6011**, Punto Azul es un electrodo de alta profundidad cuyo uso es solo para uniones de carpintería metálica.

#### **B.- Soldaduras por procesos industriales (MIG, MAG, TIG).**

Este tipo de soldadura es bajo la protección de un gas que puede ser: argón al 80%, o anhídrido carbónico al 20%, pero cada uno tiene sus respectivas propiedades y sus propios rendimientos en productividad, estos sistemas fueron creados para su producción en masa, muestra de ello es que la eficiencia del MAG puede llegar a un 80% de producción con respecto al arco manual.

Por tratarse de este proyecto las producciones en masa no son nuestro tema de estudio, por lo cual nos limitaremos solo a mencionarlos.

En el siguiente cuadro se da a conocer los costos calculados para la fabricación del encofrado con fenólicos:

*Tabla 9 Determinación de costo general.*

<b>DETERMINACION DEL COSTO GENERAL PARA LA FABRICACION DE ENCOFRADO fenólico modulo o tablero</b>
---

<b>1.- Análisis de Costo Unitario directo:</b> Se presenta en formato adjunto donde se analiza todos los insumos que se utilizaran en la fabricación de nuestro producto, el cual va a ser el costo variable unitario		
<b>2.- Costos Fijos:</b> A continuación mostramos todos los costos fijos que estarán presente en la fabricación de cada producto, recordar que a todo esto hay que incrementar el IGV en caso del producto sea para venta.		
<b>ELEMENTOS PARA DETERMINAR EL COSTO GENERAL.</b>		
Descripción de elementos	Mensual	Diario
2.1.- Alquiler del local donde se instalara el taller.	S/. 500,00	S/. 16,67
2.2.- Energía Eléctrica.	S/. 150,00	S/. 5,00
2.3.- Servicio de Agua y desagüe.	S/. 30,00	S/. 1,00
2.4.- Contadora.	S/. 250,00	S/. 8,33
2.5.- Depreciación de Equipos de Planta (5%) <span style="float: right;">S/. 25 145,00</span>	S/. 1 257,25	S/. 41,91
<b>Total Costo General =</b>	<b>S/. 2 187,25</b>	<b>S/. 72,91</b>

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

### 3.6. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE UN PANEL.

Vamos a desarrollar un análisis de costo unitario para producir un panel de encofrado con fenólico. El cual tendrá un costo de, Cada módulo.

*Tabla 10 Análisis de Precio Unitario del panel de 2,44m. \* 0,61m.*

<b>ANALISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO FENOLICO.</b>								
<b>PARTIDA:</b>	<b>Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,61 m. columna</b>							
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>Combinado</b>	<b>UNID:</b>	<b>Modulo</b>					
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>hr/día</b>		<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>S/ 320,82</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>1.- MATERIALES</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Fenólico(18mm) de 1,22 m. x 2,44 m.	Unid.	0,500	S/. 145,00	S/. 72,50		22,60%		
Platina troquelada 1/8" de 0,06 m x 2,40 m.	Unid.	6,000	S/. 16,36	S/. 98,16		30,60%		
Carbofil	Rollo.	0,063	S/. 115,00	S/. 7,19		2,24%		
Argomix	Btll.	0,056	S/. 370,00	S/. 20,56		6,41%		
Oxigeno	Btll.	0,016	S/. 280,00	S/. 4,52		1,41%		
Acetileno	Btll.	0,016	S/. 250,00	S/. 4,03		1,26%		
Pintura	gal.	0,083	S/. 32,00	S/. 2,67		0,83%		
Desperdicios	% Mat	7%	S/. 209,62	S/. 14,67		4,57%		
					<b>S/. 224,29</b>	<b>69,91%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
técnico		0,431	S/. 90,00	S/. 4,85		1,51%		
maestro		3,711	S/. 80,00	S/. 37,11		11,57%		
ayudante		3,711	S/. 70,00	S/. 32,47		10,12%		
chacal		0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%		
					<b>S/. 74,43</b>	<b>23,20%</b>		
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>								
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maq.</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>	
Herramientas manuales	% MO	3%	74,43	S/. 2,23		0,70%		

**“DISEÑO Y EVALUACION DE ENCOFRADO CON  
FENOLICOS PARA CONSTRUCCION DEL COLEGIO  
INNOVA SCHOOL, JULIACA-2020”**



Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar

Costo fijo diario de operación		8	7,45	S/. 19,87		6,19%
					<b>S/. 22,10</b>	<b>6,89%</b>
				TOTAL MATERIAL:	224,29	
				TOTAL MANO DE OBR	74,43	
				TOTAL EQUIPO:	22,10	
				<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>320,82</b>	
<b>panel y/o tablero de 2,44 m X 0,61 m.</b>	<b>RENDIMIENTO DIARIO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CUADRILLA</b>			
			<b>Técnico</b>	<b>Maestro</b>	<b>Ayudante</b>	<b>chacal</b>
Marcado de platinas para troquelar	80	Tira	0,100	0,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,060	0,000	0,600	0,000
Troquelado de Platinas	80	Tira	0,100	1,000	0,000	0,000
Horas hombre			0,060	0,600	0,000	0,000
Ensamblaje de 2,44 mx0,61 m	3	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,267	2,667	2,667	0,000
Pintado de panel de 2,44 m x 0,61 m	18	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,044	0,444	0,444	0,000
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,431</b>	<b>3,711</b>	<b>3,711</b>	<b>0,000</b>

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

Tabla 11 Análisis de Precio Unitario de un panel de fenólico de 1,22 m. x 0,61 m.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO CON FENOLICO									
<b>PARTIDA:</b>	<b>Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,61 m. losa</b>								
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>Combinado</b>	<b>UNID:</b>	<b>Modulo</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>			<b>S/ 181,56</b>	<b>TOTAL %</b>	<b>100,00%</b>
<b>JORNADA</b>	<b>8</b>	<b>UNID:</b>	<b>hr/día</b>						
<b>1.- MATERIALES</b>									
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Fenólico (18mm) de 1,22 m x 2,44 m	Unid.	0,250	S/. 145,00	S/. 36,25		19,97%			
Tiras troqueladas 1/8" de 0,06 m x 2,40 m	Unid.	3,250	S/. 16,36	S/. 53,17		29,28%			
Carbofil	Rollo.	0,037	S/. 115,00	S/. 4,26		2,35%			
Argomix	Btll.	0,043	S/. 370,00	S/. 16,09		8,86%			
Oxigeno	Btll.	0,008	S/. 280,00	S/. 2,37		1,31%			
Acetileno	Btll.	0,008	S/. 250,00	S/. 2,12		1,17%			
Pintura	gal.	0,048	S/. 45,00	S/. 2,14		1,18%			
Desperdicios	% Mat	7%	S/. 114,26	S/. 8,00		4,41%			
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 124,40</b>	<b>68,52%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>									
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>Presio</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Técnico	hh	0,252	S/. 90,00	S/. 2,83		1,56%			
Maestro	hh	2,192	S/. 80,00	S/. 21,92		12,07%			
Ayudante	hh	2,192	S/. 70,00	S/. 19,18		10,56%			
Chacal	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%			
<b>Total de Mano de Obra =</b>						<b>S/. 43,93</b>	<b>24,19%</b>		
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>									
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maquina</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>		
Herramientas manuales	% MO	3%	43,93	S/. 1,32		0,73%			
Costo fijo diario de operación		8	7,45	S/. 11,92		6,57%			
<b>Total de Herramientas =</b>						<b>S/. 13,24</b>	<b>7,29%</b>		
					TOTAL MATERIAL:	124,40			
					TOTAL MANO DE OBRA:	43,93			

**“DISEÑO Y EVALUACION DE ENCOFRADO CON  
FENOLICOS PARA CONSTRUCCION DEL COLEGIO  
INNOVA SCHOOL, JULIACA-2020”**



Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar

TOTAL EQUIPO:	13,24
COSTO UNITARIO:	181,56

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

*Tabla 12 Análisis de Precio Unitario de tablero metálico de 1,20 m. x 0,60 m.*

Modulo y/o tablero de 1,2 m X 0,60 m.	RENDIMIENTO DIARIO	UNIDAD	CUADRILLA			
			Técnico	Maestro	ayudante	chacal
Marcado de tiras para troquelar	80	Tira	0,100	0,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,033	0,000	0,325	0,000
Troquelado de tiras	80	Tira	0,100	1,000	0,000	0,000
Horas hombre			0,033	0,325	0,000	0,000
Armado de Modulo de 1,20 m x 0,60 m	5	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,160	1,600	1,600	0,000
Pintado de modulo de 1,20 m x 0,60 m	30	Planchas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,027	0,267	0,267	0,000
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,252</b>	<b>2,192</b>	<b>2,192</b>	<b>0,000</b>

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

*Tabla 13 Análisis de Precio Unitario de Vigueta extensible.*

ANALISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO CON FENOLICO							
<b>PARTIDA:</b>	Fondo de Viga (.30 m) de ancho y largo extensible de 2,50 m a 4,70 m						
<b>JORNADA</b>	8	<b>UNID:</b>	hr./día	<b>COSTO UNITARIO</b>	S/. 104,45	<b>TOTAL %</b>	100,00%
<b>1.- MATERIALES</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Fenólico (18 mm) de 1,22 m x 2,44 m	Unid.	0,500	S/. 145,00	S/. 72,50		69,41%	
Plegado de planchas	Unid.	8,000	S/. 2,00	S/. 16,00		15,32%	
Pintura	Gl.	0,040	S/. 45,00	S/. 1,80		1,72%	
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 90,30</b>	<b>86,45%</b>	
<b>2.- MANO DE OBRA</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - H</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Técnico	hh	0,056	S/. 90,00	S/. 0,63		0,60%	
Maestro	hh	0,559	S/. 80,00	S/. 5,59		5,35%	
Ayudante	hh	0,559	S/. 70,00	S/. 4,89		4,68%	
chacal	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%	
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 11,11</b>	<b>10,63%</b>	
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>							
<b>Descripción del Recurso</b>	<b>N°</b>	<b>h - Maquina</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ind. Unif.</b>
Herramientas manuales	% MO	3%	11,11	S/. 0,33		0,32%	
Costo fijo diario de operación		8	S/. 7,45	S/. 2,71		2,59%	
<b>Total de Herramientas =</b>					<b>S/. 3,04</b>	<b>2,91%</b>	
<b>TOTAL MATERIAL:</b>					<b>S/. 90,30</b>		
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>					<b>S/. 11,11</b>		
<b>TOTAL EQUIPO:</b>					<b>S/. 3,04</b>		
<b>COSTO UNITARIO:</b>					<b>S/. 104,45</b>		

	Rendimiento	Unidad	CUADRILLA			
			Técnico	Maestro	ayudante	chacal
Corte de bordes y perforado para clavado	22	Viguetas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,036	0,364	0,364	0,000
Pintado Modulo de 2,50 m - 4,70 m	41	Viguetas	0,100	1,000	1,000	0,000
Horas hombre			0,020	0,195	0,195	0,000
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,056</b>	<b>0,559</b>	<b>0,559</b>	<b>0,000</b>

*Nota:* elaboración propia

*Fuente:* recursos propios

El análisis de precio unitario para un fondo de vigueta de ancho 0.30m, y de largo extensible de 2,50 m hasta 4,70 m, el costo de fabricación por unidad resulta 104,45 nuevos soles.

*Tabla 14 Análisis de Precio Unitario de Puntal tipo*

ANALISIS DE COSTOS UNITARIO PARA FABRICACION DE ENCOFRADO METALICO								
<b>PARTIDA: Puntal tipo T</b>								
RENDIMIENTO	Combinado	UNID	Modulo			COSTO UNITARIO	S/. 73,19	TOTAL %100,00%
JORNADA	8	UNID	hras/dia					
<b>1.- MATERIALES</b>								
Descripción del Recurso	Unida	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Puntal normal de 3,50 m	Unid.	1,000	S/. 53,00	S/. 53,00		72,41%		
Angular de 6,00 de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Unid.	0,100	S/. 38,00	S/. 3,80		5,19%		
Platina de 6,00 de 1" x 1/8"	Unid.	0,067	S/. 22,00	S/. 1,47		2,00%		
Pintura anticorrosiva gris	Unid.	0,045	S/. 45,00	S/. 2,05		2,79%		
<b>Total de Materiales =</b>					<b>S/. 60,31</b>	<b>82,40%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - H	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Técnico	hh	0,050	S/. 90,00	S/. 0,56		0,76%		
Maestro	hh	0,497	S/. 80,00	S/. 4,97		6,79%		
Ayudante	hh	0,497	S/. 70,00	S/. 4,35		5,94%		
chacal	hh	0,000	S/. 60,00	S/. 0,00		0,00%		
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 9,88</b>	<b>13,49%</b>		
<b>3.- EQUIPO Y OTROS</b>								
Descripción del Recurso	N°	h - Maquina	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.	
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 9,8773	S/. 0,30		0,40%		
Costo fijo diario de operación		8	S/. 7,45	S/. 2,71		3,70%		
<b>Total de Herramientas =</b>					<b>S/. 3,01</b>	<b>4,11%</b>		
					TOTAL MATERIAL:	S/. 60,31		
					TOTAL MANO DE OBR:	S/. 9,88		
					TOTAL EQUIPO:	S/. 3,01		
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 73,19</b>		
Puntal tipo T	Rendimiento	Unidad	CUADRILLA					
			Técnico	Maestro	ayudante	chacal		
Corte de platina, angular y soldado	22	Puntales	0,100	1,000	1,000	0,000		
Horas hombre			0,036	0,364	0,364	0,000		
Pintado de puntal T	60	Puntales	0,100	1,000	1,000	0,000		

Horas hombre			0,013	0,133	0,133	0,000
<b>TOTAL HORAS HOMBRE</b>			<b>0,050</b>	<b>0,497</b>	<b>0,497</b>	<b>0,000</b>

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

Luego de calcular los precios unitarios para columna, losa, viga e inclusive hasta el puntal, presentamos una tabla con el resumen de análisis de precios unitarios de cada uno de los paneles a fabricar, con las dimensiones que tendrán para cada caso específico.

*Tabla 15 Resumen del precio de los paneles.*

<b>RESUMEN DE COSTO UNITARIO DE ELEMENTOS PARA ENCOFRADO</b>		
<b>Item</b>	<b>Elemento para encofrado</b>	<b>Costo Unitario</b>
1	Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,61 m.	S/. 320,82
2	Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,61 m.	S/. 181,56
3	Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,25 m.	S/. 175,22
4	Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,25 m.	S/. 124,53
5	Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,50 m.	S/. 298,01
6	Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,50 m.	S/. 179,50
7	Modulo y/o tablero de 0,60 m X 0,50 m.	S/. 106,17
8	Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,30 m.	S/. 181,69
9	Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,30 m.	S/. 129,81
10	Modulo y/o tablero de 0,61 m X 0,25 m.	S/. 79,83
11	Modulo y/o tablero de 2,44 m X 0,15 m.	S/. 149,27
12	Modulo y/o tablero de 1,22 m X 0,15 m.	S/. 93,91
13	Modulo y/o tablero de 0,61 m X 0,15 m.	S/. 72,83
14	Fondo de Vigueta 2,50 m - 4,70 m	S/. 104,45
15	Puntal en T	S/. 73,19

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

➤ Ahora vamos a calcular la velocidad con que se rellena una columna puesto tiene más altura y relleno es un poco tedioso si se hace manualmente.

Altura de columna = H = 3,75 m.

Sección de columna = B x L = 0,25 x 0,50 m.

Tiempo de llenado = T = 0,5 h

Temperatura del concreto = T = 23°C

Velocidad de llenado  $R = \frac{H}{T} = 6.4\text{m/h}$

### 3.7. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.

Tabla 16 Aporte Unitario de materiales para el encofrado con fenólico

CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE COLUMNA											
Partida: Encofrado de columna.					Ubicación : Laboratorio						
Detalle de columna					Dimensión de la Columna						
					Tablero Lateral =	0,60	m				
					Tablero de Fondo =	0,25	m				
					Costillar Lateral =	0,60	m				
					Costillar de Fondo =	0,25	m				
					Altura =	2,35	m				
					UM =	4,00	m <sup>2</sup>				
1.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL ENCOFRADO											
Descripción	Cantidad de elementos (A)	Desperdicios por pérdidas de piezas $A \times (1 + \%) = B$		N° usos (C)	Depreciación $(B/C) = D$	Para m <sup>2</sup> . $(D/UM)$					
Panel 2,44 m x 0,61 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,003					
Panel 2,44m x 0,25 m.	2	0,00%	2,00	150	0,013	0,003					
Esquinero externo 2,44 m.	4	0,00%	4,00	150	0,027	0,007					
Grapas	32	0,83%	32,27	250	0,129	0,032					
Puntal de 3,00 m	4	0,00%	4,00	150	0,027	0,007					
Tensor preparado (85 cm)	4	0,00%	4,00	50	0,080	0,020					
Tensor preparado (47 cm)	4	0,00%	4,00	50	0,080	0,020					
2.- CANTIDAD DE MADERAS PARA EL ENCOFRADO.											
Descripción	Secc. Madera (A)		Longitud		Cant. elem.(C)	Pies2 $(A \times B \times C) / 12 = (D)$	Desperdicio Madera 10%	N° usos (G)	Pies2/N° usos (E/G = H)	U. M. (H/UM)	
	An. (Pulg.)	Esp (Pulg.)	M. L.	Pies (B)							
Barrotes	4	2	1,00	3,28	4	8,75	9,62	12	0,80	0,20	
Barrotes	3	2	0,60	1,97	4	3,94	4,33	12	0,36	0,09	
<b>Total de madera en pie tablar =</b>										<b>0,29</b>	
3.- CANTIDAD DE DESMOLDANTE (UNID.)											
Descripción	Presentacion	Rendimiento (m2.)	Cantidad	Desperdicio 5%	N° usos	Unid/N° usos	U. M.				
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Gln.	45	0,09	0,10	1	0,10	0,02				
4.- CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVO PARA UN M <sup>2</sup> DE ENCOFRADO (KG.)											
Descripción	Longitud		Cant. elem.	Alambres en Kg	Desperdicio Alambre y Clavo 15%	N° usos	Kg/N° usos	U. M.			
	M. L.	Pies									

**“DISEÑO Y EVALUACION DE ENCOFRADO CON FENOLICOS PARA CONSTRUCCION DEL COLEGIO INNOVA SCHOOL, JULIACA-2020”**



Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar

Alambre # 16	0,4		4	0,03	0,03	1	0,03	0,01
<b>Total Kg de alambre # 16 para un m2 =</b>								<b>0,01</b>

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

*Tabla 17 Rendimiento del encofrado y desencofrado del encofrado con fenólico.*

CALCULO DE RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO DE UNA COLUMNA									
JORNADA	8	UNID:	H/D						
Encofrado de columna.	Área (m <sup>2</sup> .)	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Rendimien to(m <sup>2</sup> /dia)	CUADRILLA				N° usos
					Maestro	Operario	Oficial	Peon	
Encofrado.	4,00	92	1,53	20,84			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,384	0,384	
Desencofrado.	4,00	48	0,80	39,95			1,000	1,000	1
Horas hombre					0,000	0,000	0,200	0,200	
<b>Total Horas Hombre =</b>					<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,584</b>	<b>0,584</b>	

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

*Tabla 18 Análisis de precio Unitario – Columna.*

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS									
PARTIDA: Encofrado de columna.				UBICACIÓN:		Laboratorio			
JORNADA	8	UNID:	H/D	COSTO UNITARIO		S/. 13,69	TOTAL %	100,00%	
<b>1.- MATERIALES</b>									
Descripción del Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total	%	Ind. Unif.		
Panel 2,40 m x 0,60 m.	Unid.	0,003	S/. 319,33	S/. 1,07		7,78%			
Panel 2,40 m x 0,25 m.	Unid.	0,003	S/. 175,22	S/. 0,58		4,27%			
Esquinero externo 2,40 m.	Unid.	0,007	S/. 60,00	S/. 0,40		2,92%			
Grapas	Unid.	0,032	S/. 6,54	S/. 0,21		1,54%			
Puntal de 3,00 m	Unid.	0,007	S/. 48,00	S/. 0,32		2,34%			
Tensor preparado (85 cm)	Unid.	0,020	S/. 9,00	S/. 0,18		1,32%			
Tensor preparado (47 cm)	Unid.	0,020	S/. 7,00	S/. 0,14		1,02%			
Madera	Pt.	0,291	S/. 2,20	S/. 0,64		4,68%			
Desmoldante para encofrado (Petroleo)	Unid.	0,024	S/. 13,80	S/. 0,34		2,46%			
Alambre # 16	kg.	0,008	S/. 4,50	S/. 0,04		0,27%			
<b>Total de Materiales =</b>						<b>S/. 3,92</b>	<b>28,61%</b>		
<b>2.- MANO DE OBRA</b>									
Descripción del Recurso	N°	H - H	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.		
Oficial	hh	0,584	S/. 8,75	S/. 5,11		37,32%			
Peon	hh	0,584	S/. 7,50	S/. 4,38		31,99%			
<b>Total de Mano de Obra =</b>					<b>S/. 9,49</b>	<b>69,31%</b>			
<b>3.- EQUIPO</b>									
Descripción del Recurso	N°	H - Maq.	Precio	Parcial	Total	%	Ind. Unif.		
Herramientas manuales	% MO	3%	S/. 9,49	S/. 0,28		2,08%			
<b>Total de Equipo =</b>					<b>S/. 0,28</b>	<b>2,08%</b>			
					TOTAL MATERIAL:	S/. 3,92			
					TOTAL MANO DE OBRA:	S/. 9,49			
					TOTAL EQUIPO:	S/. 0,28			
					<b>COSTO UNITARIO:</b>	<b>S/. 13,69</b>			

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

Con este encofrado el presupuesto queda así:

Los costos por m<sup>2</sup> se reducen a 13,69 nuevos soles, debido a que se realiza con colocar los refuerzos según el cálculo demostrad, y donde establecimos que para un comportamiento optimo del encofrado la tolerancia debe ser:  $\pm i = 0.25\sqrt{dB}$

Dónde:

i = tolerancia en cm

dB = dimensión considerada para establecer tolerancia

#### **IV. DISCUSION DE RESULTADOS.**

##### **4.1. EVALUACION DE LOS RESULTADOS.**

###### **4.1.1. Evaluación funcional.**

Esta evaluación se realiza tomando los factores de integridad que presentan los diferentes tipos de encofrado. Los cuales vamos a considerar en un cuadro, vamos a considerar algunos aspectos esenciales para diferenciar el aspecto funcional.

Las condiciones extremas de temperatura para el concreto, el cual debe estar dentro de los parámetros de 05 °C a 28 °C. .Por consiguiente la norma técnica Peruana E-060 establece que se debe tener en obra los equipos para calentar el agua o los agregados para el preparado del concreto, como para proteger el concreto, pero hoy en día se cuenta con los aditivos que regulan este tipo de problemas de temperatura que están por debajo de los 05 °C. Una vez hecho el vaciado no se tendrá mayor problema con el encofrado, puesto que no genera enfriamiento extremo para su congelación así la temperatura descienda demasiado.

En las regiones que se ubican por encima de los 3 800 m.s.n.m. y sus Temperaturas son:

- Máxima: hasta 21 °C

- Mediana: varían con las estaciones del año.
- Mínima: bajo los 10 °C

La evaluación funcional del encofrado con madera y el encofrado con fenólicos, lo veremos en las siguientes tablas:

Tabla 19 Evaluación funcional del encofrado de madera.

FACTORES		COMPORTAMIENTO			JUSTIFICACIÓN
		Alta	Media	Baja	
Integridad	Numero de usos.			X	El uso del encofrado, en Promedio es de 4 usos.  La madera se deteriora rápidamente ante los factores climáticos.
	<i>Factor Climático (Clima Templado):</i>				
	Agua			X	
	Sol			X	
	Viento		X		
Seguridad	Resistencia		X		Tiene que utilizarse buena madera y tener un mantenimiento adecuado
	<i>Factores Indirectos:</i>				
	Contaminación			X	
	Fuego			X	
Flexibilidad	Ajustarse a dimensiones			X	Posibilidad de ajustarse a otros elementos siempre que sean maderas en buen estado y crea mucho desperdicio.
	Encofrado y desencofrado		X		

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

Tabla 20 Evaluación Funcional del Encofrado con fenólico.

FACTORES		COMPORTAMIENTO			JUSTIFICACIÓN
		Alta	Media	Baja	
Integridad	Nº de usos.		X		Reutilizable varias Veces por ser doble cara.
	<i>Factor Climático (Clima Templado):</i>				
	Agua		X		El Comportamiento ante los factores climáticos es muy bueno a excepción del agua.
Sol	X				

	Viento	X			
<b>Seguridad</b>	Resistencia	X			Resisten muy buena.
	<i>Factores Indirectos:</i>				
	Contaminación	X			
	Fuego	X			
<b>Flexibilidad</b>	Ajustarse a Dimensiones	X			Fácil adaptación a cualquier proyecto estructural que no viene predefinido como los paneles metálicos.
	Encofrado y desencofrado		X		

*Fuente: elaboración propia.*

#### 4.1.2. Evaluación técnica.

La evaluación técnica corresponde a todos aquellos elementos que hacen viable la elección de uno u otro sistema de encofrados como por ejemplo la durabilidad, transporte en obra, control de calidad, posibilidades de reutilización entre otros.

*Tabla 21 Evaluación Técnica del Encofrado de Madera.*

Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Facilidad de transporte		X		Se transporta ensamblado.
Facilidad de Almacenamiento			X	Guardar en lugares secos libres de humedad, se embarquilla con facilidad.
Cuidados en la Manipulación		X		Se deteriora con facilidad durante el montaje (clavado).
Cantidad de Mano de obra	X			Cuadrilla de un operario y oficial, según las dimensiones de cada elemento estructural, esto puede variar.
Calidad de Mano de obra	X			Son necesarios maestros carpinteros.
Rendimiento de Montaje	X			Un proceso largo debido a todos los requisitos para garantizar su correcto funcionamiento
Control de Calidad	X			Aseguramiento de piezas de refuerzo y arriostramiento.
Elementos que necesitan de Mantenimiento		X		Los tableros se tienen que aplicar con petróleo u otros aditivos.
Frecuencia de Mantenimiento	X			Consecutivo cada vez que se utiliza el encofrado
Necesidad de Técnicas Especiales		X		Debido a la modificación necesaria que requieren para ajustarse a las dimensiones del elemento a encofrar

*Fuente: Adaptado de Oribe.*

Tabla 22 Evaluación Técnica del Encofrado Metálico.

Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Facilidad de transporte	X			Desarmable.
Facilidad de Almacenamiento	X			Guardar haciendo limpieza correspondiente.
Cuidados en la Manipulación		X		Evitar caídas o golpes.
Mano de obra			X	Ya que el sistema es sencillo de Armar.
Calidad Mano de obra			X	No requiere de alta especialización.
Rendimiento de Montaje	X			Por la sencillez de su diseño.
Control de Calidad	X			Tiene un diseño de correcto funcionamiento
Elementos de Mantenimiento	X			Soldadura y placas de fenólico.
Frecuencia de Mantenimiento		X		Cada uso
Necesidad de Técnicas Especiales			X	Bajísimo, no es necesario

Fuente: elaboración propia.

Figura N° 8: Rugosidad de columna.



Nota: elaboración propia

Fuente: recursos propios

En esta imagen podemos ver que la columna se encuentra rayada, esto es para que cuando se hagan los acabados se pueda lograr una adherencia optima, pes cuando el concreto alcanza su resistencia de diseño es muy dificultoso.

Con este tipo de encofrado ya no se llega a usar el alambre N° 8.

#### **4.2. DIFERENCIA DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO.**

*Tabla 23 Diferencias del sistema de encofrados.*

<b><i>Encofrado con madera.</i></b>	<b><i>Encofrado con fenólicos.</i></b>
Por su poco peso es de fácil transporte en obra.	Fácil transporte en obra, ya que se diseña el módulo para que un solo obrero pueda manipular una formaleta.
Posibilidad en usos es de pocas veces, dependiendo del trato en la manipulación del sistema.	Posibilidad en usos es de 15 veces aproximadamente, dependiendo del trato en la manipulación del sistema.
Conexión por medio de clavos y alambres, haciendo un procedimiento difícil a un ritmo lento a la vez deteriora la madera.	Conexión por medio de pasadores, haciendo un procedimiento simple a un ritmo acelerado.
Acabados depende del número de usos de la madera a lo largo de la vida útil del encofrado	Acabados concretos visto a lo largo de la vida útil del encofrado y depende mucho del trato y mantenimiento que se da al encofrado.
Rentable en pequeñas empresas.	Rentable en pequeñas y grandes empresas.
El costo inicial es económico.	El costo inicial es muy económico.
No es de fácil adaptación a otras dimensiones.	La modulación de los paneles se hace de fácil adaptación a otros elementos estructurales.
Al armar el encofrado tiene muchos controles tanto de seguridad como técnico para el correcto funcionamiento.	Al armar el encofrado solo se tiene controles seguridad, para el correcto funcionamiento.
No posee piezas pequeñas.	Posee piezas pequeñas que se extravían fácilmente.

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

#### 4.2.1. Comparación de rendimientos.

Los encofrados con fenólicos tiene elementos (carcasa) fabricados con gran precisión, donde los componentes que lo conforman son minuciosamente elaborados, lo cual permite un ensamblaje rápido en obra. Lo cual genera un 50% de rendimiento más rápido que el convencional.

Este tipo de sistema de encofrado no necesita de un personal especializado, para el ensamblado del encofrado, solo requiere que se capacite a un personal, lo contrario ocurre con el encofrado convencional

Tabla 24 Cuadro de comparación de Rendimientos.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado Fenolico		% INcremento
	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	
<b>COLUMNAS</b>	8,69	11,484	4,80	17,247	50.2%
<b>VIGAS</b>	3,73	9,709	7,77	15,513	59.8%
<b>LOSA</b>	17,49	10,734	19,14	49,188	358%

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

#### 4.2.2. Comparación de tiempos

El rendimiento del encofrado con fenólico es superior al convencional lo cual lo veremos a continuación:

Tabla 25 Cuadro de comparación del Tiempo de Encofrado.

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado Fenolico	
	Área (m2)	Tiempo (horas)	Área (m2)	Tiempo (horas)
<b>COLUMNA</b>	8,69	6,07	4,80	2,25
<b>VIGAS</b>	3,73	3,08	7,77	4,01
<b>LOSA</b>	17,49	12,10	19,14	3,12

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

#### 4.2.3. Comparación de número de usos.

En cuanto a la relación del número de usos, se sabe que la madera tiene alrededor de 4 a 7 usos, después de los cuales se tiene que renovar nuevamente, el cual se va acumulando el gasto de inversión, hasta que, en un momento el acumulado en gastos por compra de madera va a superar a la inversión única inicial que se realizó en el encofrado metálico.

Tabla 26 Comparación del número de Usos.

Descripción	Encofrado de estructuras	
	Numero de usos	Tipo de material
COLUMNAS	5	Madera
	15	Fenólico
VIGAS	5	Madera
	15	Fenólico
LOSA	5	Madera
	15	Fenólico

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

#### 4.2.4. Comparación de costos.

En lo que refiere a los costos del sistema de encofrados con fenólicos, solo vamos a considerar la placa de fenólico, puesto que si consideramos todo el panel es casi tan bueno como el encofrado metálico, solo que más liviano y menos costoso. El costo se va reducir aún más, cuando nuestro país va a producir el fenólico en masa los costos están realizados en nuestra región y aun así es muy ventajoso.

Tanto así que las pymes tiene acceso a este tipo de encofrado, en el caso del

encofrado con madera su adquisición es muy accesible para obras, ya que se cuenta con mano de obra para trabajos de esta naturaleza. Ya que este tipo de encofrado se viene practicando desde la época romana.

Tabla 27 Cuadro de Costos del sistema de encofrados

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado Fenólico		%
	Área (m <sup>2</sup> )	Costo (s/)	Área (m <sup>2</sup> )	Costo (s/)	
<b>COLUMNAS</b>	1,00	S/ 52,23	1,00	S/ 23,89	45.7%
<b>VIGAS</b>	1,00	S/ 53,12	1,00	S/ 23,10	43.5%
<b>LOSA</b>	1,00	S/ 50,81	1,00	S/ 10,89	21.4%

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

#### 4.2.5. Comparación del comportamiento estructural.

Tabla 28 Comparación del comportamiento estructural.

Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Viga.	Comportamiento estructural del Encofrado con fenólico – Viga.
<p><b>Separación entre cabezales</b>, para una viga de sección 0,5 m x 0,25 m es <math>L_c = 95,35</math> cm, la longitud a tomar en obra <math>L_c = 95</math> cm. La presión de trabajo es de 0,145kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p><b>Resistencia de puntales</b>, limitada a la sección del puntal, para un rollizo <math>\varnothing=3</math>" con <math>h=2,9</math>m La capacidad admisible en obra por puntal es 1 121,21 kg.</p>	<p>Separación permitida hasta de 1,20 m de longitud para un peralte de 0,5 x 0,25; capacidad de carga de trabajo hasta 0,58 kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p><b>Resistencia de puntales</b>, indicado en especificaciones técnicas por cada fabricante varían desde 2 500 kg hasta 500 kg de capacidad de trabajo.</p>
Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Losa.	Comportamiento estructural del Encofrado con fenólico – Losa.

<p><b>Separación entre Soleras,</b> para un peralte de losa aligerada de 0,2m. La separación entre soleras, es 102,64 cm. Pero la longitud a tomar en obra es 105 cm. Esto para una tabla de 1 1/2 “x 8”</p> <p><b>Separación entre Puntales.</b> Determinado por sección de soleras es de práctica común una separación de 1,0 m, Capacidad admisible con un rollizo de eucalipto con h = 3,2 m es = 91,10 Kg.</p>	<p><b>Separación entre soleras,</b> para un peralte de losa aligerada de 0,20 m es de 1,50 m para un fondo de vigueta extensible fabricada con plancha metálica de 3/32” de espesor.</p> <p><b>Separación entre Puntales.</b> Limitado a sección de solera pudiendo colocarse a una longitud de hasta 2,0 metros Capacidad admisible a considerar en obra 2 500 kg Hasta 500 kg de capacidad de trabajo.</p>
<p><b>Comportamiento estructural del Encofrado de Madera – Columna.</b></p>	<p><b>Comportamiento estructural del Encofrado con fenólico – Columna.</b></p>
<p>Para una altura de 3,7 m se genera una presión máxima de 0,89 kg/cm<sup>2</sup> Los barrotes deben tener una separación vertical de refuerzo con una luz aproximada de 50 cm para un tablón de 1 ½”, para los barrotes de 2”x4” se tendrá que colocar tensores a una distancia horizontal cada 20cm en la base.</p>	<p><b>ULMA</b> con su sistema LGR está diseñado para soportar una presión de 0,8157 kg/cm<sup>2</sup>, <b>UNISPAN</b> con su sistema <b>ALLSTEEL</b> está diseñado para soportar una presión de 0,71 kg/cm<sup>2</sup>, <b>PERI</b> con su sistema DUO diseñado para trabajar con una presión de 0,815 kg/cm<sup>2</sup>.</p>

*Nota: elaboración propia*

*Fuente: recursos propios*

Por otra parte, Laura (2016), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil "diseño de sistema de encofrados en la provincia de angaraes - Huancavelica", tiene como objetivo Determinar un diseño adecuado de los encofrados, de los elementos que conforman una estructura de edificaciones en el de los elementos que conforman una estructura de edificaciones en el distrito de Lircay — Angaraes — Huancavelica. Concluye que:

“Para el diseño de encofrados de una edificación la elaboración será muy importante, donde nos hace referencia que los encofrados tradicionales (madera) son baratos con respecto al

metálico, pero el encofrado metálico a largo plazo resulta más rentable debido a que se puede utilizar más veces que el encofrado de madera”(p.90). De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación para el diseño de encofrados, se resalta la importancia de la priorización de un buen diseño de encofrado. Por lo tanto existe concordancia con lo determinado en el antecedente mencionado y nos permite validar nuestro resultado.

Por otro lado Paz - Jáuregui (2009), en su tesis presentada para optar el título de Ingeniero mecánico eléctrico denominada “Diseño de un sistema de encofrados metálicos para la fundición de los pilares de un puente empleando software CAD/CAE”, concluye que:

“El sistema de encofrado metálico propuesto es muy conveniente para una obra de gran magnitud, ya que el tiempo de ejecución es un componente muy importante por ser esta actividad parte de la ruta crítica, el tiempo empleado en una optimización de diseño de encofrado es invaluable si se consideran las ventajas que se pueden obtener en el ahorro económico, calidad, tiempo y seguridad especialmente si se trabaja en altura.” (p.116). con respecto a los resultados que obtuvimos en esta investigación para el diseño de encofrados, resaltamos la importancia de diseñar un encofrado ya que se logra ahorro en tiempo, costo, y seguridad en obra, por lo que existe coincidencia con lo determinado en el antecedente mencionado, y esto nos permite validar el resultado obtenido.

Y prosiguiendo con la discusión, Teixeira, Santilli, Puente (2015), en su artículo científico denominada Diseño de encofrados verticales: Dimensionado y Tiempos mínimos de desencofrado, concluye que “la metodología propuesta puede ser utilizada para hormigones autocompactante, el error de desviación resultante es menor al 5% lo que demuestra que la metodología utilizada es perfecta en obra, cabe destacar que la validación se hizo en dos obras en el Uruguay en condiciones distintas” (p.15). Coincidentemente los resultados obtenidos en esta investigación se apegan a lo descrito por el autor de la revista, por lo tanto la evaluación realizada de apega mucho a esta revista puesto que la evaluación arroja resultados parecidos, y esto valida nuestro resultado.

El uso del encofrado con fenólico no es novedoso puesto que en estados unidos este sistema se utilizó hace 20 años atrás, pero se trata de un método practico para lograr el aceleramiento de construcción de la obra, con esto se logra mayor rentabilidad en los proyectos de gran escala, por tener estructuras similares, reduciendo el tiempo y con esto el costo de la mano de obra.

El diseño de encofrados, en nuestra región es reducida con respecto al viejo continente, es decir no se emplea un diseño de encofrados para una obra, sabiendo que uno de los aspectos importantes realizar cálculos y elaboración de encofrados para cada obra. Pues se tiene que elaborar paneles y formas con una capacidad de soportar cargas mayores, y mayor número de usos, eso también es importante para el ahorro en costos y tiempo en el proyecto.

De los datos obtenidos se tiene que en obras publicas los rendimientos de mano de obra son muy bajos en comparación a los de las empresas privadas, porque los contratistas tienen un mayor control en los rendimientos de su personal de trabajo.

## **V. CONCLUSIONES .**

- Se concluye que uno de los sistemas de encofrado es más eficiente que el otro, en el proceso constructivo de una partida, sea columna, viga, losa, viendo que las ventajas en rendimientos, costos, funcionales y técnicas son mayores con el encofrado con fenólicos, esto se refleja en el tiempo/costo y calidad obteniendos mejorando beneficios para la empresa contratista en obras públicas o privadas. Muchas ventajas de los paneles fenólicos se muestran en las Tablas 20, 22 y 23.

- Ha sido posible diseñar estructuralmente el encofrado de columna, viga y losa para el colegio innova school de Juliaca. Respecto al comportamiento estructural tiene como ventaja, el encofrado con fenólicos tiene menores deformaciones laterales durante el vaciado de concreto. El encofrado con fenólico sufrió una deformación lateral de 1,13 mm. Y por otro lado el encofrado con madera sufrió una deformación lateral de 2,82 mm., la causa principal de esta deformación es el uso del alambre N° 8 para asegurar los barrotes, por eso el encofrado con madera obtiene esta deformación.
- Los rendimientos con encofrados fenólicos obtenidos en el Colegio Innova School son mucho mayores respecto al encofrado tradicional con madera (que incluye labores de habilitación de madera y colocación de encofrado) llegando a ser hasta 358% mayor en caso de losas, o 50% y 60% mayor en caso de columnas y vigas respectivamente.
- Los encofrados con fenólicos considerando los mejores rendimientos son mucho más baratos con respecto a todos los sistemas de encofrados de madera, llegando incluso a costar el 21% del costo del encodrado de losa, y 45.7% y 43.4% en vigas y columnas respectivamente

## VI. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda para los proyectos de considerable magnitud deben tener en mente en usar los fenólicos, pues por contar con una geometría casi simétrica para los procesos estructurales. Para usos en pequeños proyectos su uso del panel será muy costoso, motivo por el cual de repente no se use, pero si se tiene una producción de estructuras en serie es recomendable su uso.
- Se deben mantener limpios los paneles antes y después de cada vaciado y esta

manera se puede llegar a darle más vida de uso. Tener las precauciones necesarias para no maltratar los paneles, cuando se realice el encofrado y el desencofrado.

- Además debemos tener en consideración que para realizar el vaciado del concreto, el panel debe estar ensamblado o encofrado y estar con desmoldante o limpio, si esto no se pone en consideración se podría haber de un deterioro del panel, o también falla en la estructura y puede existir hasta el desperdicio de concreto.
- Los encofrados son de vital importancia por eso su modulación y dimensionamiento de los paneles, por ello si se va ensamblar por primera vez es necesario tener un plano de ensamblaje de cada uno de los elementos estructurales de cada uno de los paneles para que se pueda lograr su aseguramiento óptimo.
- Y es recomendable el uso de los puntales telescópicos (metálicos), los bastidores, alineadores, quienes completaran todo el sistema de encofrado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Alcaide, J., Diego, J., & Artacho, M. (2001). *Diseño de producto. metodos y tecnicas*. Valencia: Ediciones UPV.
- APAZA, O., & MACHACA, E. (2020). (Trabajo de investigación de grado bachiller). *ESTUDIO DEL RENDIMIENTO ENTRE EL ENCOFRADO CON FENOLICOS Y EL ENCOFRADO CON MADERA EN EL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO MANUEL NUÑEZ BUTRON DE LA CIUDAD DE JULIACA 2020*. Trujillo, Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO.
- ARAPA MAMANI, V. N., & MALDONADO LOPEZ, F. (2017). *ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METALICOS Y MADRA EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS DE LA CIUDAD DEL CUSCO*. CUSCO,PERU: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.
- Arencibia, R., & De Moya, F. (2008). La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la ciencimetría . *Descriptor en Ciencias de la Salud (DeCS)*.
- Chunga Zaña, J. R., & Ramirez Tafur, K. P. (2019). *Aplicación del sistema de encofrado autotrepante y análisis comparativo de la productividad con el sistema de encofrado metálico convencional en edificaciones de gran altura*. LIMA: REPOSITORIO DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- LAURA, T. (2016). *DISEÑO DE SISTEMA DE ENCOFRADOS EN LA PROVINCIA DE ANGARES - HUANCVELICA. (tesis de pregrado)*. HUANCVELICA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- LAZO ROJAS, K. G. (2018). *APLICACION DE UN SISTEMA DE ENCOFRADOS CON DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y SU INFLUENCIA EN LA CONSTRUCCION*

*DEL CENTRO COMERCIAL OPEN PLAZA - HUANCAYO EN LA ETAPA DE ESTRUCTURAS. HUANCAYO: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL.*

LEGRA MOZQUEDA, A. (s.f.). TABLAS PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS CON MADERA. *MICONS*, 1-19.

Lloyd, P., Roozenburg, N., & Van del Lugt, R. (2004). *Design Methodology Group*. Obtenido de Disponible en <https://www.tudelft.nl/io/dmg/aboutus.html>.

Lorenzo, P. (2015). (Tesis de pregrado). *Estudio de criterio de diseño y cálculo de encofrados de elementos verticales, Aplicación a varias estructura*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

ORIBE ALVA, Y. (2014). *ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA*". TRUJILLO: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.

OROPESA A, J. A., & MATHEUS F, E. A. (2018). *ESTUDIO COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL DE ENCOFRADO EN MADERA Y EL SISTEMA DE ENCOFRADO CON BLOQUES POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA LOSAS MACIZAS Y LATERALES DE VIGA*. CARACAS, VENEZUELA: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD DE NUEVA ESPARTA.

Paz - Jauregui, j. (2014). *diseño de un sistema de encofrados metalicos para la construccion de los pilares de un puente emprando software CAD/CAE*. piura: repositorio institucional de pihua.

SANANGO JARA, P. T. (2017). *COMPARACION DEL DISEÑO Y EVALUACION DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA CON UNIONES DENTADAS, DE PINO RADIATAY EUCALIPTOS GLOBULUS*. CUENCA-ECUADOR: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

Teixeira, S., Santilli, A., & Puentes, I. (2015). Diseño de encofrados verticales: Dimensionado y Tiempos. *Memoria Investigaciones en Ingeniería, núm. 13 (2015)*, Pp 7,16.

VINTIMILLA CORRAL, J. B. (2012). *LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA. AMBATO,ECUADOR: REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD DE AMBATO.*

## ANEXOS

### 1. Panel fotográfico



**“DISEÑO Y EVALUACION DE ENCOFRADO CON FENOLICOS PARA CONSTRUCCION DEL COLEGIO INNOVA SCHOOL, JULIACA-2020”**

Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar



Bach. Apaza Colquehuanca, Oscar

Bach. Machaca Machaca, Edgar





UPRIT  
UNIVERSIDAD  
PRIVADA DE TRUJILLO

**FACULTAD DE INGENIERIA**

---