



**ALTERNATIVAS PARA EL HORMIGONADO DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA RED MATRIZ**

**HORACIO FORERO ROMERO**

**Código: 10481921076**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

**INGENIERIA CIVIL BOGOTA D.C.**

**2022**

**ALTERNATIVAS PARA EL HORMIGONADO DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA RED MATRIZ**

**HORACIO FORERO ROMERO**

**Monografía presentada como requisito para optar por el título de:**

**Ingeniero Civil**

**Director:**

**Ing. Esp. ALEXANDRA MORALES REY**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

**INGENIERIA CIVIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

**BOGOTA D.C. COLOMBIA**

**2022**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

---

**FIRMA TUTOR**

---

**FIRMA JURADO 1**

---

**FIRMA JURADO 2**

## Contenido.

1. Introducción.....	15
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo general.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. Marco conceptual.....	17
3.1. Encofrados.....	19
3.2. Cimentación.....	20
3.3. Columnas.....	20
3.4. Muros.....	21
3.5. Concreto.....	22
3.5.1.1.  Concretos convencionales.....	22
3.5.1.2.  Concretos especiales.....	24
3.6. Aceros.....	31
3.7. Tanques.....	32
3.7.1.1.  Tanques semi enterrados.....	33
3.7.1.2.  Tanques elevados.....	33
4. Marco Normativo.....	34
4.1. Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.....	34
4.2. Empresas públicas de Medellín.....	35
4.3. Instituto colombiano de normas técnicas.....	36
4.4. Norma sismo resistente NSR 10: .....	37
5. Estado del conocimiento .....	38

6. Formulación y planteamiento del problema.....	53
7. Justificación.....	56
8. Metodología.....	58
8.1. Sistema 1 (PERI).....	58
8.2. Sistema 2 (Formesan).....	67
8.3. Sistema 3 (Uniplast).....	74
9. Análisis de precios unitarios APU.....	77
9.1. Precios sistema de avalúo e infraestructura SAI, EAAB.....	78
9.2. Impuesto a los dividendos y a las utilidades IDU.....	78
9.2.1.1. Análisis de precios unitarios sistema 1 (PERI).....	90
9.2.1.2. Análisis de precios unitarios sistema 2 (Formesan).....	92
10. Matriz DOFA.....	93
11. Conclusiones.....	94
12. Recomendaciones.....	96
13. Referencias bibliográficas.....	98

## **Tabla de tablas**

*Tabla 1. (Rio, 2014) Catálogo de productos Acerías Paz del Rio*

*Tabla 2. (EPM, 2018), Guía para edad de desencofrado (en ausencia de recomendaciones dadas por el ingeniero estructural). Tomado de ACI 347R Guide to formwork for concrete*

*Tabla 3. (LIWA, 2011) Catálogo de paneles y complementos que ofrece el proveedor del sistema 1, según la necesidad del proyecto.*

*Tabla 4. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Cartilla de paneles y accesorios del sistema 2, según la modulación del plano y necesidad de la obra.*

*Tabla 5. (UNIPLAST, 2018) Cartilla de paneles y accesorios del sistema 3, según la modulación del plano y necesidad de la obra.*

*Tabla 6. (EAAB, 2022) Cartilla de precios del sistema de avalúo e infraestructura de la EAAB.*

*Tabla 7. (Urbano, 2022) Cartilla de precios unitarios del IDU*

*Tabla 8. (Urbano, 2022) Cartilla de precios unitarios del IDU*

*Tabla 9. Fuente: Autor. Análisis de costos de cuadrillas según el personal necesario para la instalación de formaleta y vaciado de concreto auto compactante*

*Tabla 10. Fuente: Autor. Calculo de rendimientos de acuerdo a los lineamientos del ejercicio propuesto y estimaciones de tiempo hechas en campo.*

*Tabla 11. Análisis de precio unitario para un metro cubico de concreto de 4000PSI impermeabilizado, incluye el suministro de formaleta del sistema 1, herramienta menor y mano de obra (EAAB, 2022)*

*Tabla 12. Análisis de precio unitario para un metro cubico de concreto de 4000PSI impermeabilizado, incluye el suministro de formaleta del sistema 2, herramienta menor y mano de obra (EAAB, 2022)*

*Tabla 13. Matriz DOFA de cada uno de los 3 sistemas de encofrados a evaluar*

## **Tabla de imágenes**

*Imagen 1. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar*

*Imagen 2. (Silva, 2020) Recomendaciones para construir tanques según la NSR-10*

*Imagen 3. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Guía práctica de armar y desarmar Formesan (Descripción técnica de módulos)*

*Imagen 4. Peri encofrados y andamios, encofrados para muros desarrollados por PERI*

*Imagen 5. Catalogo soluciones CEMEX, concreto de resistencia a 28 días convencional*

*Imagen 6. Catalogo soluciones CEMEX, concreto de resistencia a 28 días bombeado*

*Imagen 7. Catalogo soluciones CEMEX, Concreto de resistencia a 28 días fluido.*

*Imagen 8. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Arquitectónico)*

*Imagen 9. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Auto- Compactante)*

*Imagen 10. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Auto- Compactante de baja contracción)*

*Imagen 11. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Bombeado con inclusor de aire)*

*Imagen 12. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Con fibras sintéticas)*

*Imagen 13. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De alta resistencia)*

*Imagen 14. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De fraguado acelerado)*

*Imagen 15. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De fraguado retardado)*

*Imagen 16. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De resistencia acelerada)*

*Imagen 17. (Moreno, 2001) Tiempo de vida útil de una estructura según periodo de iniciación y periodo de propagación.*

*Imagen 38. Fuente: Autor. Instalación de desmoldante con aspensor en cara de encofrado*

*Imagen 19. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar*

*Imagen 20. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (conector y pasador)*

*Imagen 21. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (estabilizadores)*

*Imagen 22. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (esquina articulada)*

*Imagen 23. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (estabilizadores)*

*Imagen 24. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Rinconeras*

*Imagen 25. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Chapetas*

*Imagen 26. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Corbatas*

*Imagen 27. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010)Modulación*

*Imagen 28. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Alineadores*

*Imagen 29. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010)Corrección con herramienta manual (alineador)*

*Imagen 30. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Ilustración de inspección de accesorios en conjunto*

*Imagen 31. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010)Placa cubierta*

*Imagen 32. (UNIPLAST, 2018)Clasificación y tipo de bovedillas*

*Imagen 33. Fuente: Autor. Instalación de formaleta para colocación de bovedillas*

*Imagen 34. (El precio unitario, 2004) Componentes a evaluar y calcular en el análisis de precio unitario*

*Imagen 35. Fuente: Autor. Producto en etapa de culminación esperando tiempos de fraguado para retiro de formaleta sistema 1*

## **Tabla de graficas**

*Grafica 1. Cantidad de documentos por año según la base de datos SCOPUS (Valverde, Marzo del 2014)*

*Grafica 2. Cantidad de documentos por área temática según la base de datos SCOPUS (Rajadell, Septiembre 2019)*

*Grafica 3. Valor del puntaje de la revista de investigación en la categoría de artes visuales. (Alvarado, 2018)*

*Grafica 4. Valor del puntaje de la revista de investigación en la categoría de ingeniería civil y estructural. (A., 2015)*

*Grafica 5. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Y. V. , 2004)*

*Grafica 6. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (S. A. , 2004)*

*Grafica 7. Cantidad de documentos citados por el autor en los últimos años. (S. A. , 2004)*

*Grafica 8. Configuración de experimento a escala para el cálculo de presiones laterales en formaleta tipo PERI: a) sensores; b) montaje de sensor de presión; c) galga extensométrica; d) células de carga. (Y. G. , 2021).*

*Grafica 9. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Assaad., 2018)*

*Grafica 10. Cantidad de documentos por año según la base de datos SCOPUS (Philip, 1994)*

*Grafica11. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Nadarajah Gowripalan, 2021)*

*Grafica12. Explicación de la presión lateral ejercida sobre la formaleta por un concreto convencional versus un concreto auto compactante. (Nadarajah Gowripalan, 2021)*

*Grafica13. Análisis de documentos relacionados con el autor y mencionados en citas a lo largo de 7 años (construccion, 2016)*

*Grafica14. Documentos relacionados con el autor y mencionados en citas a lo largo de 10 años (ACI, 2018)*

*Grafica15. Presión de SSC sobre acero vertical en encofrados medido con galgas extensiométricas (Construcción, 2017)*

*Grafica16. Análisis de documento con relación al tiempo y cantidad de citas referenciadas (Hormigón, 2019)*

**Bogotá D.C, mayo de 2022**

## **DEDICATORIA**

Esta monografía va dedicada primeramente a Dios, quien nunca me desamparo en cada día y noche de esfuerzo, es por quien estoy aquí esforzándome por ser cada día una mejor persona.

En segunda instancia este trabajo va dedicado a mis padres, Olga Beatriz Romero Cruz y Horacio Forero Mendoza, a mi hijo Jerónimo Forero Rivera, desde que supe su llegada a este mundo ha sido mi más grande y mayor motivación para continuar formándome y capacitándome con el fin de brindarle a plenitud un estilo de vida a satisfacción.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia agradezco profundamente a mis formadores, principalmente a la ingeniera Alexandra Morales Rey, persona con grandes cualidades y virtudes, de gran sabiduría quien se ha esforzado por ayudarme en cada momento y llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, ella ha sido testigo clave del esfuerzo y sacrificio, pero gracias a sus ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación con la cual me ha corregido, he logrado importantes objetivos a lo amplio de mi proyecto de vida, como culminar el desarrollo de mi monografía con éxito y poder obtener mi titulación profesional

## **Resumen**

Los encofrados son elementos que no hacen parte de la estructura que obtenemos como resultado de la instalación del concreto, sin embargo, son esenciales en la calidad del producto que obtenemos al final del proceso ó etapa de fundida, esto debido a que los elementos estructurales son juzgados por su aspecto final en la mayoría de los casos.

Lo anterior busca generar importancia a los diversos métodos de encofrado que nos ofrece el mercado frente a las exigencias de elementos estructurales con excelentes acabados, estructuras hidráulicas a las cuales se les pueda incrementar su vida útil. No obstante, cabe recalcar la suma importancia en la rigurosidad al seguir un proceso de instalación de concreto según las normas.

Por otro lado, se evaluará los costos beneficios a los cuales está sujeto estos procesos debido a las condiciones que se presentan en el campo de acción, precios que deberán ser evaluados eventualmente debido al rendimiento que ofrece las diferentes alternativas de encofrados, sea convencional o tipo PERI.

## **Abstract**

The forms are elements that are not part of the structure that we obtain as a result of the installation of concrete, however they are essential in the quality of the product that we obtain at the end of the process or casting stage, this is because the structural elements are judged by its final appearance in most cases.

The foregoing seeks to generate importance to the various formwork methods offered by the market in the face of the demands of structural elements with excellent finishes, hydraulic structures whose useful life can be increased. However, it is worth emphasizing the importance of rigor when following a concrete installation process according to standards.

On the other hand, the cost benefits to which these processes are subject will be evaluated due to the conditions that occur in the field of action, prices that should be evaluated eventually due to the performance offered by the different formwork alternatives, whether conventional or PERI type.

## **1. Introducción**

En este documento se describe la importancia de los encofrados o formaletas en estructuras hidráulicas los cuales ofrecen y garantizan impermeabilidad, esto debido a la problemática que se ha venido acrecentando durante los últimos años. la aceleración del crecimiento poblacional en las zonas rurales y urbanas de Colombia, generando una demanda cada día más grande del servicio de agua potable ya sea para consumo humano ó fines agrícolas, ganaderos o industriales, sea cual sea su fin, es un recurso que se requiere durante las 24 horas del día. Para ello se han venido implementando en las últimas décadas los tanques de almacenamiento de agua potable, los cuales tienen como función, la regulación del producto de una red matriz, sin embargo, este servicio de agua potable es interrumpido frecuentemente debido a reparaciones que presentan estas estructuras hidráulicas, en su mayoría y generalmente son por filtraciones que se presentan a lo largo de su vida útil.

Por lo mismo hoy en día se requieren otros materiales aparte de la madera que presenten cualidades de durabilidad, puesto que las obras de gran magnitud necesitan renovar el encofrado y más si la naturaleza de los proyectos es similar o manejan una misma tendencia. Dentro de los factores mas importantes que resaltan la búsqueda de un sistema renovable, es la experiencia de los trabajadores, el vaciado del concreto, el material, las condiciones a las cuales se ve expuesto el proyecto. (John A. Cerebro, 2012)

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objetivo general:**

- Evaluar técnica y económicamente tres alternativas de formaleta con el fin de determinar la más adecuada e idónea que será utilizada en el vaciado de concreto para muros de un tanque de almacenamiento de una red matriz

### **2.2.Objetivos específicos:**

- Evaluar mediante un análisis técnico y económico tres alternativas para seleccionar una mediante la aplicación de concreto auto compactante.
- Analizar aspectos cualitativos de los distintos tipos de formaleta como su manejabilidad, material y tamaño.
- Puntuar frente a otro tipo de formaleta el producto final y su aporte al elemento estructural, generando una vida útil más prolongada.
- Elaborar un estado del conocimiento recopilando información encontrada, analizarla y definir el mejor sistema de encofrado para tanques de almacenamiento

### 3. Marco Conceptual

Para entender un poco acerca de los encofrados usados en su mayoría para hormigón, sean o no convencionales, es necesario contemplar la distribución de capas que lo conforman, entre esas una capa de madera arriostrada con una vida que depende del manejo que le den en obra; el encofrado representa del 30% al 70% del costo de la construcción. Mientras mas magno sea el proyecto y contemple alturas superiores a 20 pies, los elementos estructurales como vigas de amarre generaran un elevado costo del encofrado, eso debido a que partes como estas (vigas) requieren más hormigón y mano de obra y estos dos datos son los que le dan el valor al encofrado. (Robert L. Peurifoy, 2018)

Es necesario que el profesional conozca la literatura acerca del diseño de un encofrado, ya sea para concretos convencionales o no convencionales, por ejemplo en el caso de los encofrados horizontales los cuales están sometidos a dos tipos de cargas (vivas y muertas) donde las muertas es el peso del hormigón, el refuerzo de acero y el peso propio del encofrado, por el contrario las cargas vivas serán actuantes por personal de trabajo, vibradores, carretas etcétera, sin embargo y a pesar de conocer esta literatura, se recomienda considerar los límites admisibles, cargas vivas no menos de 50 lb/sf y cargas muertas no menos de 20 libras /sf. (Clifford J. Schexnayder, 2018)

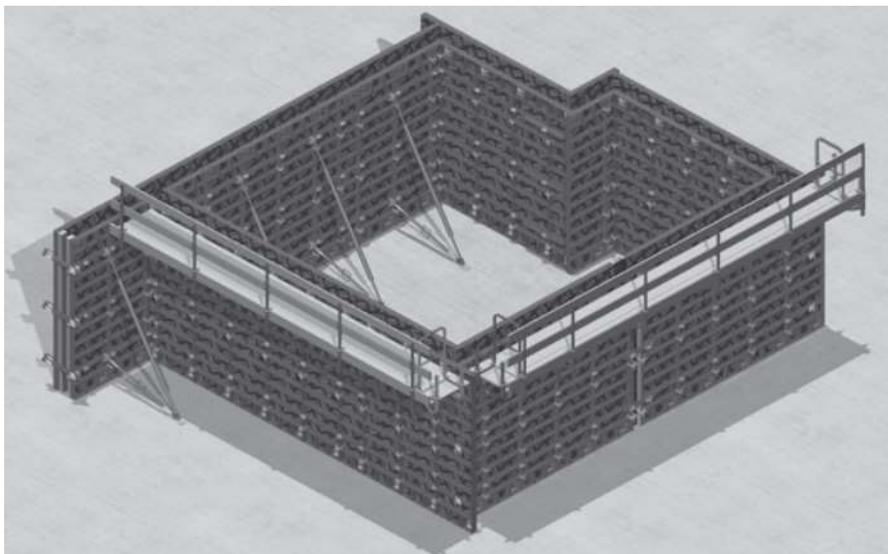
Así mismo se debe considerar que estos sistemas de moldes fallan y más allá de ello, fijar los objetivos sobre las causas como fallas localizadas durante el vaciado de hormigón fresco haciendo que se redistribuyan las cargas en otros miembros y sobrecargándolos, ocasionando el colapso del sistema. (Indranil Goswami, 2020).

Las zonas urbanas y rurales son lugares que tienen una alta demanda de agua potable debido a actividades industriales, ganaderas y agrícolas, una de las formas de acceder a este servicio son los elementos estructurales llamados tanques de almacenamiento.

Las obras civiles hoy por hoy se enfrentan y están en un desafío constante por la búsqueda de un sistema de encofrado con el fin de dar forma al hormigón garantizando una figura o molde uniforme y un buen acabado, de igual manera una vida útil.

### **3.1. Encofrados:**

Es la técnica de instalar moldes con la forma y las dimensiones de los elementos estructurales, en los cuales se coloca el refuerzo y se vierte el concreto fresco, garantizando un recubrimiento según el material de contacto de la estructura a construir, estos moldes deben ser limpiados completamente e impregnados con un desmoldante adecuado antes de ejecutar la tarea. (NSR-10, 2010)



*Imagen 4. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar*

### **3.2. Cimentación**

Es un grupo de elementos estructurales los cuales tienen como función transmitir tanto las cargas de la construcción o los elementos apoyados a este, garantizando que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. (NSR-10, 2010)



*Imagen 5. (Silva, 2020) Recomendaciones para construir tanques según la NSR-10*

### **3.3. Columnas**

Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor de 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión. Tal elemento no necesita ser vertical, sino que puede tener cualquier dirección en el espacio. (NSR-10, 2010)



*Imagen 3. (FORMESAN, Guía práctica para armar y desarmar, 2010) Guía práctica de armar y desarmar Formesan (Descripción técnica de módulos)*

### **3.4. Muros**

Elementos verticales que soportan cargas, estos deben anclarse a los elementos que los interceptan, como pisos o cubiertas, o a columnas, pilastras, contrafuertes. (NSR-10, 2010)



*Imagen 4. (LIWA, 2011) sistema 1 encofrados y andamios, encofrados para muros desarrollados por PERI*

### 3.5. Concreto

Es el material conformado por la mezcla en ciertas proporciones de agua, cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, los cuales inicialmente ofrecen una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una cualidad de consistencia rígida, con propiedades aislantes y resistentes, lo que hace que cumpla con los requisitos para ser un material ideal para la construcción. (MonografiasPlus, 2014)

#### 3.5.1 Concretos convencionales

- Concreto convencional:

Este es un concreto ideal para todo tipo de necesidades en el campo de la ingeniería, además de ser muy recomendado para elementos que no requieren en su colocación de un equipo de moto bomba. (Cemex, 2014)



*Imagen 5. Catalogo soluciones CEMEX, concreto de resistencia a 28 días convencional*

- Concreto bombeado:

Es una mezcla caracterizada por su alta consistencia plástica además de su manejabilidad la cual le otorga una cualidad frente a los demás concretos de poder ser conducido a través de una tubería, garantizando distancias tanto verticales como horizontales según los requerimientos, especificaciones o necesidades de colocación. (Cemex, 2014)



*Imagen 6. Catalogo soluciones CEMEX, concreto de resistencia a 28 días bombeado*

- Concreto fluido:

Este concreto cuenta con una especificación diseñada para garantizar una alta fluidez, esto con el fin de aumentar y mantener una manejabilidad constante durante la instalación de la mezcla, debido a que la trabajabilidad y consistencia de una mezcla convencional no permiten que puedan ser utilizadas. (Cemex, 2014)



*Imagen 7. Catalogo soluciones CEMEX, Concreto de resistencia a 28 días fluido.*

### **3.5.2 Concretos especiales**

- Concreto arquitectónico:

Este componente ingenieril está directamente diseñado para cubrir las necesidades estructurales y estéticas, cuenta con la ventaja de ser utilizado a la vista en elementos portantes y arquitectónicos, gracias a las características particulares de este concreto (color, tiempo de manejabilidad, relación de agregados finos/gruesos), esto genera una puerta abierta que supe las necesidades de variedad de acabados, formas y texturas. (Cemex, 2014)



*Imagen 8. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (arquitectónico)*

- Concreto Auto – Compactante:

Se caracteriza sobre los demás por ser altamente fluido, sin generar segregación, garantizando la encapsulación en estructuras de alta densidad de refuerzo en el momento del llenado sin necesitar de algún tipo de vibrado ó consolidación mecánica, su principal cualidad es la viscosidad en estado plástico. (Cemex, 2014)



*Imagen 9. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Auto- Compactante)*

- Concreto Auto – Compactante de baja contracción:

Este tipo de mezcla al igual que el anterior presenta una alta fluidez, sin embargo, presenta ausencia de segregación, disgregación, exudación y deformación. En las estructuras con alta densidad de refuerzo tales como tanques de agua potable, residuales y elementos prefabricados, resulta muy eficaz su uso debido a que encapsula todo este refuerzo garantizando la cobertura total sin necesidad de un vibrado.



*Imagen 10. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Auto- Compactante de baja contracción)*

- Concreto bombeado con inclusor de aire:

Este componente está diseñado directamente para estructuras que están expuestas al agua, como puentes, tanques, muros, cimentaciones, entre otros. Se destaca por su cualidad de permeabilidad lo que garantiza reducir la penetración de agua al elemento estructural. Cabe recalcar que dentro de su etapa de curado es

indispensable un riguroso cuidado de este proceso durante sus primeros siete días con el fin de garantizar la resistencia del diseño.



*Imagen 11. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (Bombeado con inductor de aire)*

- Concreto con fibras sintéticas:

Esta mezcla es la unión de un concreto convencional con fibras sintéticas. Estas adiciones ayudan a mitigar las fisuraciones que se generan en la etapa de retracción plástica debido a choques térmicos o cambios muy fuertes de temperatura. Entre las fibras sintéticas más destacadas en la actualidad que cubren la necesidad mencionada anteriormente se encuentran las siguientes:

- ✓ Fibra polipropileno
- ✓ Fibra de Nylon
- ✓ Macro fibras estructurales



*Imagen 12. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (con fibras sintéticas)*

- Concreto de alta resistencia:

Son concretos que se destacan por una alta resistencia superior a los 49Mpa en edades maduras de 28 días, cabe recalcar que su manejabilidad es mucho menor en comparación con un concreto convencional por lo que la previa preparación para la instalación es de suma importancia, personal y equipo mecánico como motobombas, vibro y equipo de curado después de 30 minutos con el fin de garantizar su resistencia. (Cemex, 2014)



*Imagen 13. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De alta resistencia)*

- Concreto de fraguado acelerado:

Es un componente ingenieril que presenta un proceso de fraguado más elevado con respecto a la curva de evolución de resistencia con respecto a la del concreto bombeado, desafortunadamente a medida que va fraguando presenta menor manejabilidad, por su rápido proceso de fraguado no requiere de vibrado, ni mezclado, es muy solicitado en obras donde la rotación de formaleta es esencial en los rendimientos y programación. (Cemex, 2014)



*Imagen 14. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (De fraguado acelerado)*

- Concreto de fraguado retardado:

Esta mezcla en comparación a la anterior ofrece una cualidad de manejabilidad más amplia al tener una etapa de fraguado más amplia, esto es dependiendo de la necesidad del cliente y proyecto. Sin duda alguna el contar con una etapa más prolongada de fraguado garantiza una colocación más adecuada y posibilidad de menor junta fría. Al momento de retirar el encofrado es indispensable estar de acuerdo con el calculista.



*Imagen 15. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (de fraguado retardado)*

- Concreto de resistencia acelerada:

Es un concreto especialmente destinado a generar resistencias a temprana edad, su dosificación debe ser muy rigurosa y controlada después de haber llegado a la obra, unos 15 minutos después de su llegada a la obra se debe realizar la incorporación de este acelerante.



*Imagen 16. Catalogo soluciones CEMEX, concretos especiales (de resistencia acelerada)*

### 3.6. Aceros:

Este elemento estructural se produce principalmente y destinado para la construcción de obras civiles, tienen una forma definida, una composición química estructurada, y resistencias versátiles adaptadas a cada una de sus necesidades. Al igual que otros tipos de materiales, este está compuesto principalmente de hierro y carbono, cuanto as carbono se incorpora a la composición, más resistencia se otorga al producto terminado. (Maxiacero, 2020) A continuación se presentan sus principales Características:

- ✓ Resistencia: capacidad de soportar grandes esfuerzos
- ✓ Ductilidad: propiedad de sufrir deformaciones sin fracturarse
- ✓ Soldadura: ventaja de realizar uniones mediante soldadura
- ✓ Tenacidad: resistencia a ser roto o destruido
- ✓ Corrosión: cualidad de estar expuesto a condiciones de clima extremo



Tabla 1. (Rio, 2014) Catálogo de productos Acerías Paz del Rio

En la tabla anterior se relaciona las principales características de un hacer como refuerzo estructural en obras civiles, específicamente en el proyecto que desarrolla la construcción de tanques de almacenamiento. Se puede notar su composición química con el fin de resaltar la importancia de el recubrimiento puesto que de este depende en gran parte la patología que genera la motivación a realizar la búsqueda de un nuevo sistema de encofrado. Por otro lado se muestran las dimensiones comerciales a las cuales se puede acceder para realizar una solicitud con poco desperdicio del mismo material, es decir... generar los traslapes menos necesarios ya que muchos de estos generar en algunos puntos de la estructura una alta densidad de acero.

### **3.7. Tanques:**

Los tanques de almacenamiento juegan un papel muy importante dentro de una red de distribución en cuanto al aspecto económico y la parte de funcionamiento del sistema, contemplando el mantenimiento con el que se garantiza un correcto servicio, cabe recalcar que dentro de sus funciones resaltan principalmente:

- Mantener una reserva de agua potable para emergencias e imprevistos que se puedan llegar a presentar.
- Equilibra los consumos volátiles que presenta el sistema en el momento de la distribución.

Ahora bien, estas estructuras de almacenamiento estas construidas por norma generalmente en concreto reforzado, pueden ser tanques elevados o semi enterrados. (tomas, 2019)

Se deberá contemplar un estudio de suelos en el área donde se desea construir el tanque de almacenamiento, con esto se busca obtener información acerca de la caracterización del

suelo y la profundidad a la cual los esfuerzos transmitidos dejen de ser significativos, al evaluar esta condición se estudiará y definirá la cimentación más apropiada para el tanque de almacenamiento, ya sea torres elevadas, zapatas o pilotes. (Agua, 2007)

### **3.7.1. Tanques semi enterrados:**

Son estructuras diseñadas para realizar una verificación e inspección más fácil en comparación a tanques totalmente enterrados, cabe recalcar que los costos de excavación son protagonistas en la ejecución y juegan un papel muy importante al reducir a la mitad esta tarea en ejecución (tomas, 2019)

### **3.7.2. Tanques elevados:**

Son estructuras que se desarrollan en lugares donde la topografía es plana, donde no es posible alcanzar elevaciones gracias a la naturaleza del terreno, por eso mismo es necesario contemplar que además de un tanque elevado, debemos contemplar una torre que generalmente cuenta con una altura que satisface la necesidad de abastecimiento del proyecto. (tomas, 2019)

#### **4. Marco Normativo**

En Colombia existen varias normativas que regulan la actividad de instalación de encofrados o formaletas como es el caso de la empresa de alcantarillado y acueducto de Bogotá EAAB, empresas públicas de Medellín EPM y la norma Icontec.

##### **4.1. Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá:**

Por un lado, se contempla la norma técnica NS-103 de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá indicando que debe quedar establecido el diseño de la formaleta antes de la construcción de la misma, además se deberá tener presente los planos que contengan detalles de construcción, secuencia de colocación del concreto, sin dejar a un lado los valores de carga que fueron utilizados en el diseño, puesto que deben ser aprobados antes del comienzo de la construcción. En ese orden de ideas los planos deben estar en total disposición en la obra durante la instalación de la formaleta y el concreto. (EAAB, 2003)

Ahora bien, el diseño y la construcción de la formaleta deben cumplir con la norma ACI - 347R, a continuación, se debe revisar el diseño y la construcción de la misma a fin de minimizar costos, sin que ello conlleve a sacrificar la seguridad de la estructura en construcción, la de los trabajadores, la del encofrado y la calidad del producto. Lo anterior debido a que generalmente se juzga por la apariencia del concreto al retirar las formaletas, su comportamiento apropiado mientras soporta el peso del concreto que está siendo instalado y el peso vivo de la construcción (EAAB, 2003)

#### **4.2. Empresas públicas de Medellín:**

Por otro lado, contamos con la norma NC-MN-OC07-01 de las empresas públicas de Medellín EPM, en la cual se estipula que el material de las formaletas debe ser indicado en los planos o especificaciones de la construcción aprobado por EPM, estas unidades de encofrado deberán garantizar concretos iguales en forma, dimensiones y líneas a los elementos mostrados e ilustrados en planos. (EPM, 2018)

Se debe garantizar que la formaleta sea sólida, adecuadamente alineada con los replanteos preliminares hechos por las comisiones de topografía, con el fin de mantener su posición y forma, verificando que esta se mantenga durante el vaciado de concreto y que le permitirán resistir cargas a las que serán sometidas, tales como: presiones debido a instalación y vibrado del concreto, cargas muertas del diseño y cargas vivas. Es necesario verificar que en el momento de colocar el concreto, la superficie de la formaleta deberá estar libre de incrustaciones de morteros, libre de óxidos o de cualquier otro material, además cabe recalcar que no deberá tener perforaciones, imperfecciones, deformaciones y en su defecto uniones defectuosas, las cuales permiten filtraciones de la lechada vertida y posterior a ello irregularidades en las caras del concreto. (EPM, 2018)

La siguiente tabla indica el tiempo de retiro de las cimbras dependiendo de el elemento estructural, tal como: columnas, vigas (dependiendo de cargas vivas y muertas), losas, paneles y muros.

Muros	12 horas	
Columnas	12 horas	
Encofrado lateral de vigas	12 horas	
Losas con viguetas		
Páneles de 900mm de ancho o menos	3 días	
Páneles de más de 900mm de ancho	4 días	
Losas postensadas	Cuando están totalmente tensionadas	
Fondo de vigas y viguetas	Dónde la carga viva de diseño es:	
	< carga muerta	> carga muerta
Menos de 3m de luz	7 días	4 días
3m a 6m de luz	14 días	7 días
6m o más de luz	21 días	14 días
Losas en una dirección		
	< carga muerta	> carga muerta
Menos de 3m de luz	4 días	3 días
3m a 6m de luz	7 días	4 días
6m o más de luz	10 días	7 días
Losas en dos direcciones	Dependiendo si el reapuntamiento (cuando sea requerido) se coloca inmediatamente después del desencofrado. Cuando el reapuntamiento se requiere para minimizar deflexiones o flujo plástico (en vez de distribución de las cargas de construcción de las losas), la capacidad de los puntales y su espaciamiento debe ser definido por un ingeniero	

*Tabla 2. (EPM, 2018), Guía para edad de desencofrado (en ausencia de recomendaciones dadas por el ingeniero estructural). Tomado de ACI 347R Guide to formwork for concrete*

### 4.3. Instituto colombiano de normas técnicas:

La norma Icontec 4083 señala la importancia de diseñar la formaleta con el fin de que sea segura y brinde un acabado requerido, debe contemplar varias cualidades como su impermeabilidad y rigidez ajustada con el fin de prevenir la pérdida de lechada instalada. Ahora bien cuando el concreto este fresco, la superficie no debe sufrir cambios físicos, zonas abombadas, por el contrario cero tipo de protuberancias.

Ahora bien, tanto la formaleta como sus soportes deberán estar localizados en la posición adecuada que garantice el perfil y alineamiento del encofrado con el fin de que este dentro de las tolerancias especificadas. (NTC, 1997)

#### **4.4. Norma sismo resistente NRS10:**

En el título C concreto estructural podemos referir los requisitos generales para la utilización de formaleta, en su aplicación más simple un tablero de acero sirve como encofrado siempre y cuando se diseñe para soportar todas las cargas a las cuales se verá sometido. Así mismo será responsabilidad del supervisor técnico velar por la correcta instalación de la cimbra además de su instalación según la modelación especificada y dada al contratista. De igual manera no se deberá emplear aditivos que contengan cloruros ya que altas concentraciones de iones de cloruro pueden causar puntos de corrosión en el aluminio, en especial en los casos donde el aluminio queda en contacto directo con el acero de refuerzo, adicional cabe recalcar que el ambiente en el que se desarrollara el proyecto es circunstancial y si este es húmedo la corrosión es potencialmente más efectiva debido a que el secado del concreto se retrasa en comparación a otros ambientes.

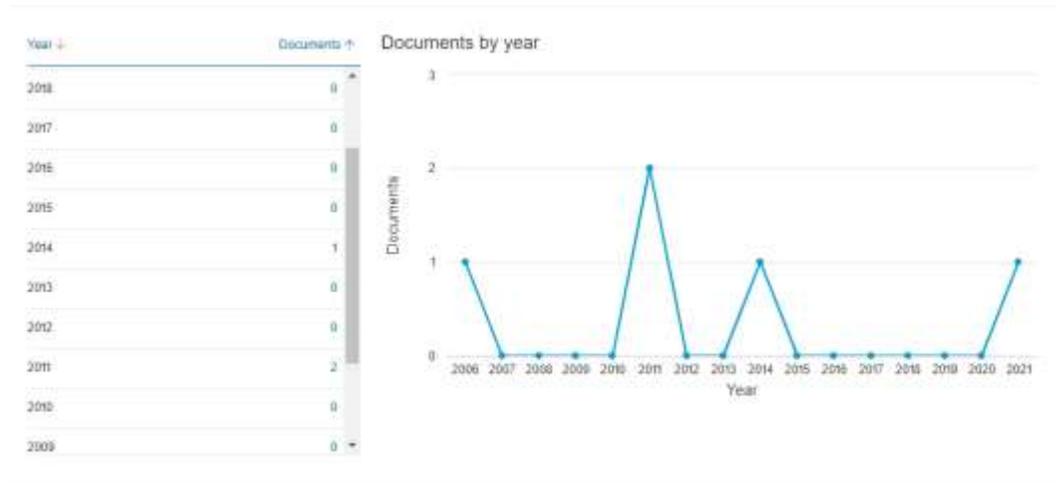
## 5. Estado del conocimiento

A continuación, se expondrán algunos casos de estudio como artículos y noticias que hacen referencia a la importancia del uso de los encofrados, la amplia variedad de sus usos en las obras civiles y las recomendaciones que se deben tener en cuenta para su respectivo y adecuado utilización.

El siguiente estado del conocimiento está sustentado en su totalidad a través de la base de datos SCOPUS, por medio de la cual se ofrecen datos bibliográficos sobre documentos, libros, artículos, revistas y patentes, las cuales se expondrán a continuación. Esta herramienta ofrece varias maneras de realizar la búsqueda según la necesidad del lector y objetivo del trabajo a desarrollar. En este caso se usó como palabra clave en el TITLE (Encofrados o cimbras o formaleta) con el objeto de filtrar los documentos más representativos mostrados en el presente trabajo.

En cada una de las citas que se presentan se adjuntara una gráfica que representa la búsqueda en los últimos años dependiendo del autor:

- Este artículo recalca la suma importancia y aplicaciones específicas en lo que respecta a encofrados, andamios y cimbras en cuanto al desarrollado para los edificios de altura. Se expone la necesidad del uso durante la ejecución de estas obras de gran altura de los encofrados deslizantes y trepantes, las cimbras de losa, así mismo los sistemas de protección de fachada. (Valverde, Marzo del 2014)



*Grafica 1. Cantidad de documentos por año según la base de datos SCOPUS (Valverde, Marzo del 2014)*

- Para el movimiento de algunos de los equipos utilizados en los revestimientos de túneles, se contemplan diferentes sistemas de transferencia, lo anterior teniendo presente a que esfuerzos y condiciones en general se va a ver expuesto, así mismo el costo económico, esto con el fin de acuñar un sistema de encofrado que garantice un rendimiento más adecuado. (Rajadell, Septiembre 2019)



*Grafica 2. Cantidad de documentos por área temática según la base de datos SCOPUS  
(Rajadell, Septiembre 2019)*

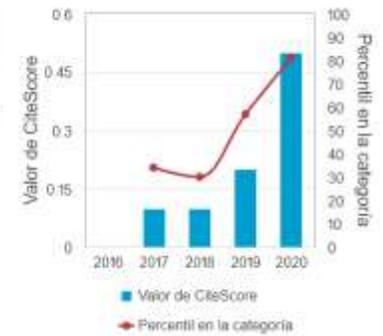
- La búsqueda constante de formas es un proceso que se basa en la investigación por diseño, la cual considera sus propias condiciones y así aumentar la cantidad de resultados posibles, este artículo expone una estrategia de diseño paramétrico enfocado a las columnas de hormigón utilizando encofrado textil, con el fin de apoyar el desarrollo creativo de esta técnica en áreas arquitectónicas, básicamente consta de un sistema de encofrado vertical que genera columnas circulares. (Alvarado, 2018)

Rango CiteScore 2020

En la categoría: Artes Visuales y Artes Escénicas

Rango	Título de la fuente	CiteScore 2020	Percentil
#98	Revista 160	0.5	percentil 81
532			
Rango	Título de la fuente	CiteScore 2020	Percentil
#1	Psicología de la Estética, la Creatividad y las Artes	6.5	percentil 99
#2	Ciencia del Diseño	5.6	percentil 99
#3	Revista Internacional de Patrimonio Arquitectónico	4.7	percentil 99
#4	Codiseño	4.2	percentil 99
#5	Revista de Comportamiento Creativo	4.0	percentil 99

Tendencia CiteScore



Grafica 3. Valor del puntaje de la revista de investigación en la categoría de artes visuales.

(Alvarado, 2018)

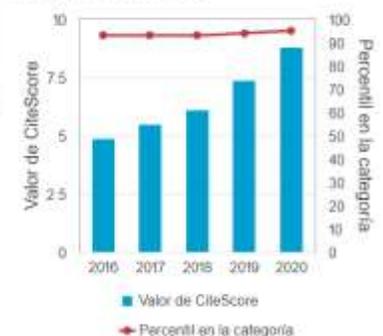
- Durante el diseño de encofrados verticales se rige por la presión lateral la cual viene ejercida por el hormigón fresco. Ahora bien, es importante tener presente que la presión lateral máxima es el parámetro clave para el diseño de un encofrado, dentro del estudio de este parámetro se debe analizar el tiempo de estabilización de la presión para determinar el tiempo de remoción del encofrado. Este estudio describe la construcción de columnas con concreto auto Compactante y las variables a las cuales está sujeto el parámetro de presión lateral máxima, variables como temperatura del concreto y presencia de otras densidades de refuerzo. (A., 2015)

Rango CiteScore 2020

En la categoría: Ingeniería Civil y Estructural

Rango	Título de la fuente	CiteScore 2020	Percentil
#16	Construcción y materiales de construcción	6.8	percentil 95
318			
Rango	Título de la fuente	CiteScore 2020	Percentil
#1	Ingeniería Civil y de Infraestructura Asistida por Computadora	17.1	percentil 99
#2	Investigación del agua	15.6	percentil 99
#3	Investigación de Transporte Parte C: Tecnologías Emergentes	14.0	percentil 99
#4	Sistemas mecánicos y procesamiento de señales	13.2	percentil 98

Tendencia CiteScore



*Grafica 4. Valor del puntaje de la revista de investigación en la categoría de ingeniería civil y estructural. (A., 2015)*

- En este estudio se refiere a la predicción de la presión lateral ocasionada por la colocación o descarga del concreto auto Compactante SCC concrete self consolidating. Se busca llegar a una estimación mediante el modelo de Janssen tal como se utiliza en la estática del material utilizado en la elaboración del concreto, de tal manera que se utilizara un tribómetro con el cual se busca medir el grado de fricción entre el concreto y la cara del encofrado. Al llegar a los resultados podemos observar concordancia en las mediciones in situ y en campo. (Y. V. , 2004)



*Grafica 5. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Y. V. , 2004)*

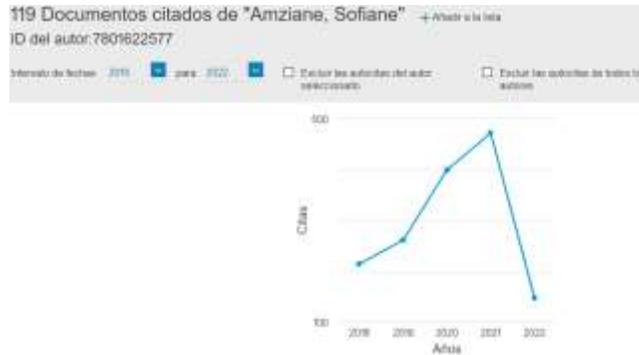
- Al revisar la literatura reciente y relacionarla con la presión ejercida sobre la cara del encofrado vertical debido a la instalación del concreto, se presenta una base

teórica planteada en la cual se pretende relacionar los cálculos de la presión con las propiedades reo lógicas fundamentales, estas presiones publicadas y expuestas se comparan con valores obtenidos a partir de una ecuación confiable la cual se obtiene del método ACI 347. (Jersey, 1985)

- En esta investigación el objetivo fue examinar la maduración de la pasta del concreto de una edad temprana, indagando en la evolución de la presión lateral ejercida por la pasta contra el encofrado versus la presión intersticial del agua. Por eso mismo se han analizado tres tipos de mezcla con relaciones de agua cemento de 30%, 36% y 45%. Adicional a esto se tuvo presente la temperatura y cinética del fraguado. los resultados demostraron al final que la presión total ejercida en el encofrado y la presión intersticial del agua se ven directamente afectadas por la relación agua cemento, permitiendo identificar los fenómenos físico-mecánicos que ocurren dentro de los encofrados. (S. A. , 2004)

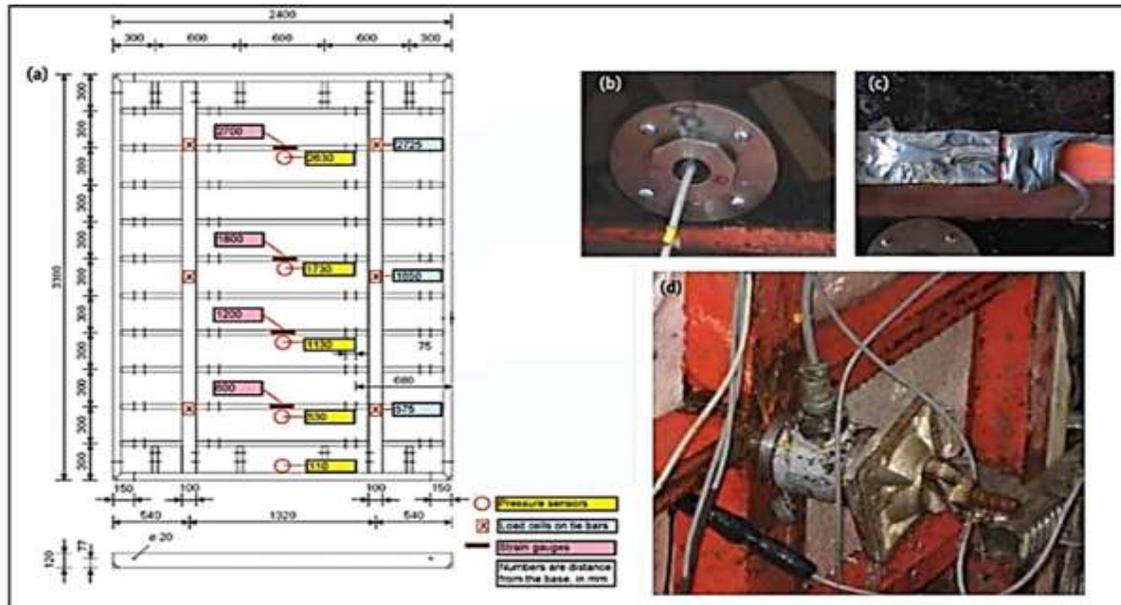


*Grafica 6. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (S. A. , 2004)*



*Grafica 7. Cantidad de documentos citados por el autor en los últimos años. (S. A. , 2004)*

- En el presente estudio se pretende analizar y entender los mecanismos que son protagonistas en el concreto/encofrado, cuando se realiza la instalación del concreto fresco en el encofrado. Para ello se evaluaron cuatro tipos diferentes de hormigones con volúmenes de pasta de 28%, 30%, 32% y 34% cabe recalcar que cada uno de estos volúmenes cuenta con una dosis independiente de aditivo súper plastificante. (S. B. , 2013)
- Hoy en día se ha analizado la cantidad máxima de presión lateral ejercida por el hormigón auto Compactante en el encofrado con el fin de diseñar un encofrado técnicamente, rentable, robusto y seguro, en conclusión, muy versátil al cumplir las necesidades de la actividad a realizar. Generalmente un aspecto a tomar en cuenta para el diseño de los encofrados es la presión hidrostática y de esta manera se abren las puertas para revisar el conocimiento actual sobre la presión del encofrado, los aspectos que afectan su presión máxima y las tecnologías de monitoreo que permiten mejoras adicionales. (Y. G. , 2021)



Grafica 8. Configuración de experimento a escala para el calculo de presiones laterales en formaleta tipo PERI: a) sensores; b) montaje de sensor de presión; c) galga extensométrica; d) células de carga. (Y. G. , 2021).

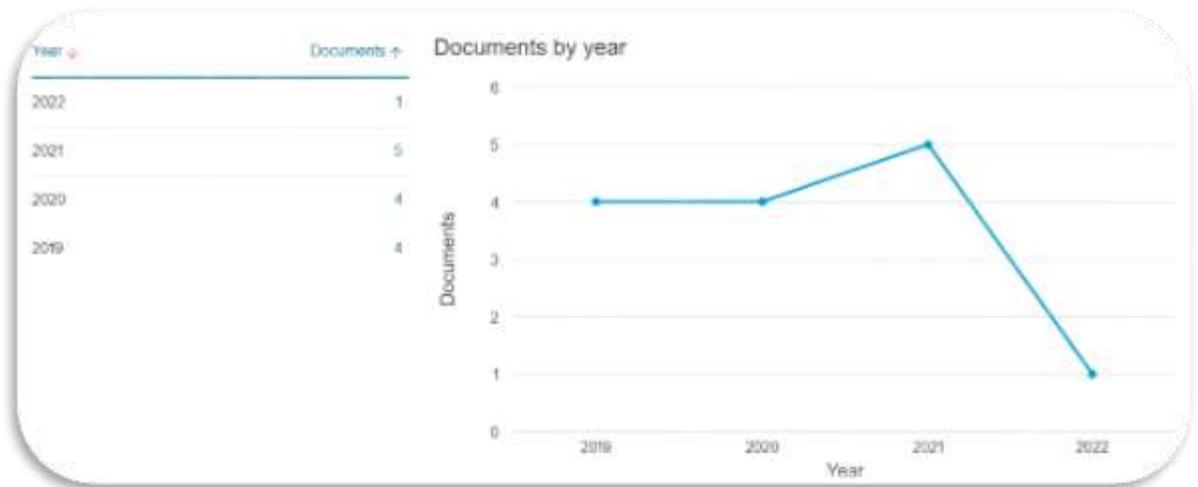
- El presente documento expone un sistema habilitado que ofrece recomendaciones cruciales las cuales no se practican en el momento del retiro del encofrado, evaluando y brindando el tiempo mínimo de descimbrado del encofrado con el fin de no alterar la propiedad físico-mecánica del concreto con respecto a la resistencia a la compresión. (ST, 2021)
- Hoy por hoy el uso de concreto auto compactante el cual contiene un agregado de concreto reciclado, se abre puertas a diversas aplicaciones de la ingeniería civil en el marco estructural; No obstante hasta hace un tiempo no era clara la influencia de un concreto plástico con agregados reciclados, junto a los refuerzos longitudinales y transversales en un encofrado, en este artículo se podrá analizar el reporte de 32

datos experimentales de varias mezclas de concreto combinadas con encofrados de distinta configuración de barras. Lo cual arrojo como resultado una presión lateral máxima reducida debido a la acumulación de agregados al interior de la mezcla. (Assaad., 2018)



*Grafica 9. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Assaad., 2018)*

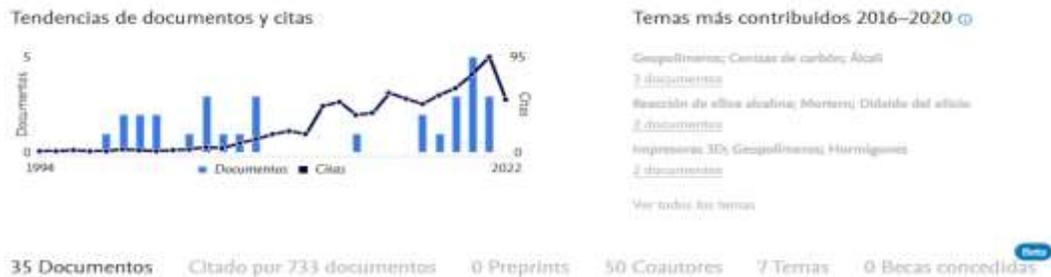
- El hormigón auto compactante debido a su condición de fluido, ejerce indudablemente una fuerza sobre el encofrado, una mezcla que se ha posicionado en el mercado a nivel mundial debido a la rentabilidad, la eliminación de mano de obra y vibrado durante el proceso de instalación. Se pretende analizar varios factores que son cruciales en la presión que ejerce sobre el encofrado, aspectos como la temperatura, la velocidad de vaciado y la geometría del encofrado. (N., 2021)
  
- Se plantea la necesidad de predecir y estar un paso delante de las presiones laterales las cuales son ejercidas generalmente por el hormigón fresco para el diseño de muros con el eficiente uso de encofrado, se establece que la presión del hormigón y la profundidad será proporcional a la carga hidrostática. Esto se puede visualizar en una función lineal la cual representa el incremento de la presión hidrostática a medida que se profundiza en el encofrado. (Philip, 1994)



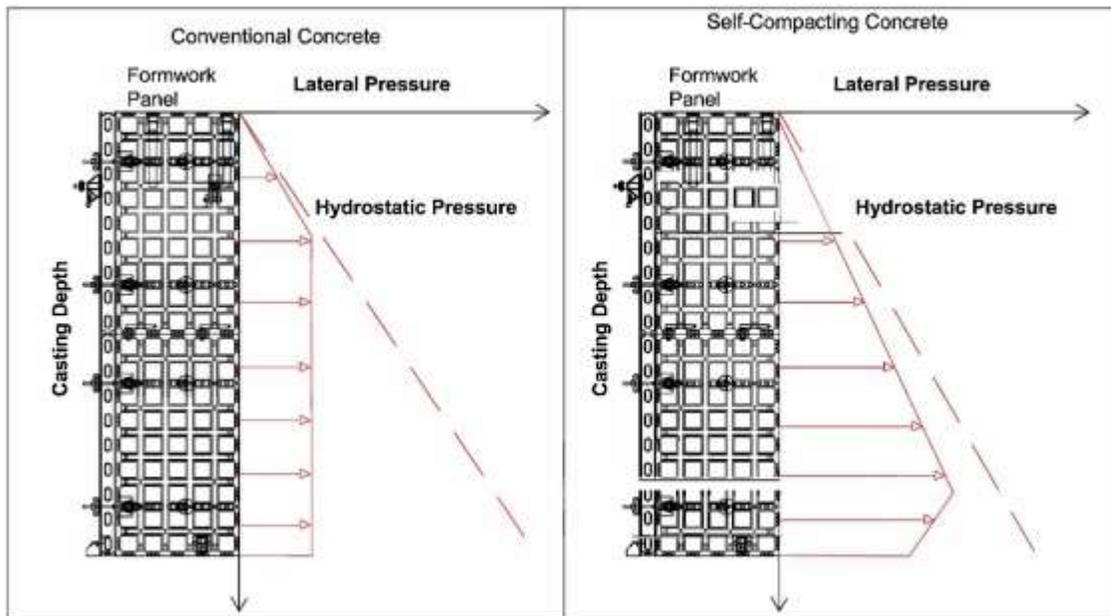
*Grafica 10. Cantidad de documentos por año según la base de datos SCOPUS (Philip, 1994).*

- Este artículo además de enriquecedor, ofrece tres secciones o módulos en los cuales podemos indagar inicialmente acerca de los amplios aspectos a los cuales se le atribuyen el uso de la madera como encofrado, no obstante, y en segundo y tercer lugar se podrá encontrar el protagonismo del encofrado cuando la madera se ausenta del proceso constructivo, dando lugar a la formaleta metálica y describir su potencialidad. (JB, 2017)
- Debido a su versatilidad en el campo de la construcción, el concreto auto compactante, además de ser rentable, ejerce una alta presión lateral sobre el encofrado, sin embargo, su alto nivel de fluidez minimiza actividades de vibrado y número de trabajadores a cargo de esta etapa de instalación del concreto. Sin embargo, hay dos aspectos relevantes que son protagonistas en el cálculo de la presión ejercida en la formaleta y son la temperatura a la que se ve expuesto el

concreto y la velocidad con la que se realiza el vaciado, siendo ambas circunstanciales, pero mucho más determinante la temperatura a la que se encuentra el concreto, debido a que el concreto sometido a altas temperatura muestra poca fluidez debido a la pérdida de agua. (Nadarajah Gowripalan, 2021)



*Grafica11. Cantidad de documentos portados en el tema por el autor, su tendencia y citas por documento y año. (Nadarajah Gowripalan, 2021)*



*Grafica12. Explicación de la presión lateral ejercida sobre la formaleta por un concreto convencional versus un concreto auto compactante. (Nadarajah Gowripalan, 2021)*

- Se evaluará diferentes características que son participes en la presión lateral que ejerce el concreto sobre la formaleta, tales aspectos son el material del encofrado, la temperatura, la velocidad y la profundidad de colocación. Teniendo presente que los valores de presión pueden disminuir notablemente si se realiza una reducción en la velocidad de instalación. (A.F. Omran, 2014)
- Muchos aspectos son fundamentales en el momento de analizar la presión lateral del concreto sobre el encofrado, en el desarrollo de este documento se exponen el impacto intrínseco que tiene las características del material de la formaleta sobre tres tipos de mezcla, teniendo presente una colocación de concreto continua e intermitente. (Kwon, 2010)
- En estudios anteriores se recalca la importancia para el diseño de encofrados verticales como punto clave, la presión ejercida por el concreto vertido, en el presente estudio se evalúa el tiempo que se requiere para estabilizar la mezcla y realizar el retiro del encofrado. Se recopila datos de concreto auto compactante instalado desde la misma altura del encofrado, y por otro lado concreto auto compactante puesto con auto bomba desde el fondo de este mismo. (construccion, 2016).

## Tendencias de documentos y citas



[Analizar la salida del autor](#)   [Resumen de citas](#)

*Grafica13. Análisis de documentos relacionados con el autor y mencionados en citas a los largo de 7 años (construccion, 2016)*

- En la industria que se enfoca en la elaboración de encofrados, la presión hidrostática es determinante y circunstancial en el momento de diseñar, sin embargo, las presiones reflejadas en una prueba hidrostática no se podrán ver simuladas en una instalación de concreto auto compactante, debido a esto es posible que los términos y condiciones para el desarrollo y elaboración e estos encofrados no sea tan minucioso. Así mismo se han realizado una seria de modelos que permiten simular los esfuerzos a los que se somete el encofrado, sin embargo, estos modelos presentan variaciones por factores como la temperatura y la humedad. Se presenta un modelo en el cual las cifras durante la simulación en el laboratorio son similares en campo durante la construcción de muros. (ACI, 2018)



Grafica14. Documentos relacionados con el autor y mencionados en citas a los largo de 10 años (ACI, 2018)

- Generalmente las estructuras son en concreto, sin embargo, hoy por hoy las estructuras en acero son un auge y van de la mano con módulos en concreto auto compactante, el cual sirve como división de recintos para la estructura, se realizó el estudio de la deformación que sufre la estructura de acero en sus tolerancias a la tensión mientras se realiza la instalación de concreto SSC generando deformaciones y ayudando a predecir comportamientos en proyectos similares a futuro. (civil, 2020)
- Desde hace tiempo la viabilidad de incluir agregados de concreto reciclado en la mezcla de hormigón ha demostrado su impacto positivo, de igual manera su importancia en la mezcla con el concreto auto compactante en encofrados que revisten estructuras de acero vertical y horizontal, donde se evaluara la tensión a la que se someten las paredes de la formaleta, para esto se realiza el vaciado de la mezcla con agregados de concreto reciclado, lo cual genera una fricción interna que junto con la alta densidad del acero, densidad que esta alrededor de 5% en este caso,

permiten que la fluidez del concreto instalado se retarde y la carga de la mezcla sea absorbida por las barras longitudinales y transversales. (Construcción, 2017)



Column containing typical vertical steel of 6 bars Ø20

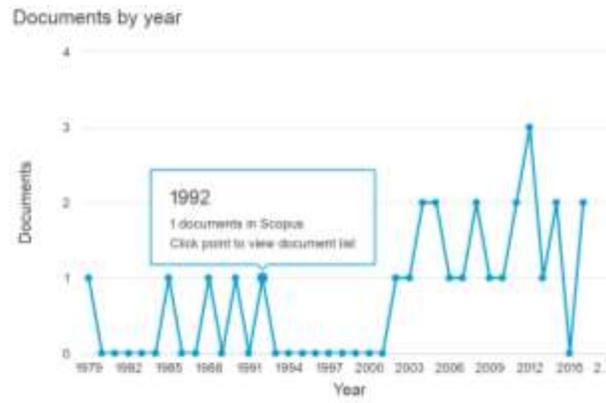
Spacing between transverse steel = 450 mm

Typical positioning of strain gages at 50-mm from bottom



*Grafica15. Presión de SSC sobre acero vertical en encofrados medido con galgas extensiométricas (Construcción, 2017)*

- ✓ Con el fin de realizar un diseño confiable frente a la medición de la presión lateral en los encofrados, se puede determinar la falta de un modelo preciso para determinar el objetivo anterior. Este artículo expone un análisis de 4 probetas las cuales son sometidas a vibrado ultra profundo con el fin de realizar la distribución de presiones en diferentes alturas del encofrado instalado. (Hormigón, 2019)



*Grafica16. Análisis de documento en relación al tiempo y cantidad de citas referenciadas (Hormigón, 2019)*

## **6. Formulación y planteamiento del problema**

¿Cuál es el mejor método para fundir tanques de almacenamiento de agua potable?

Desde hace varios años se ha expuesto la problemática que presentan algunos municipios en Colombia como es el caso por ejemplo de Cundinamarca, en el cual desafortunadamente hay zonas donde se carece de una política de gestión integral del agua potable, por esta razón a través del tiempo se ha venido instaurando una propuesta de abastecimiento para la comunidad en las localidades más vulnerables frente a esta situación, para ello se implementara un sistema de red matriz el cual contempla el tratamiento de agua potable desde mallas principales hasta redes menores del sistema.

Dentro de la ejecución del sistema de abastecimiento se contempla la construcción de una estación de bombeo en la que se construirá un tanque que será alimentado por una red principal, por esta razón es necesario inspeccionar y controlar el método constructivo a ejecutar para el desarrollo de este tanque puesto que uno de sus inconvenientes principales es la filtración de agua que a futuro se pueda llegar a presentar.

Al indagar en varios proyectos similares se dedujo que debido al método de fundición de este elemento estructural pueden surgir las posibles consecuencias que hoy en día presentan estos tipos de proyectos.

Sin embargo, al abordar más a fondo este tema se expone dos métodos que presentan menos inconvenientes y consecuencias a la hora de realizar pruebas de filtración, estos métodos de fundición son:

- ✓ Fundida por anillos con cinta PVC

✓ Fundida por módulos con cinta PVC

Estos dos métodos comparten algo en común y es la manera de encofrar los muros, las columnas, vigas y chaflanes, para ello se tiene previsto la utilización de formaleta metálica junto con distanciadores, siendo estos de fácil comercialización, instalación, resistencia a climas extremos, y lo más importante, resistencia a la tensión la cual es ocasionada por el concreto en el momento de ser colocado en el molde.

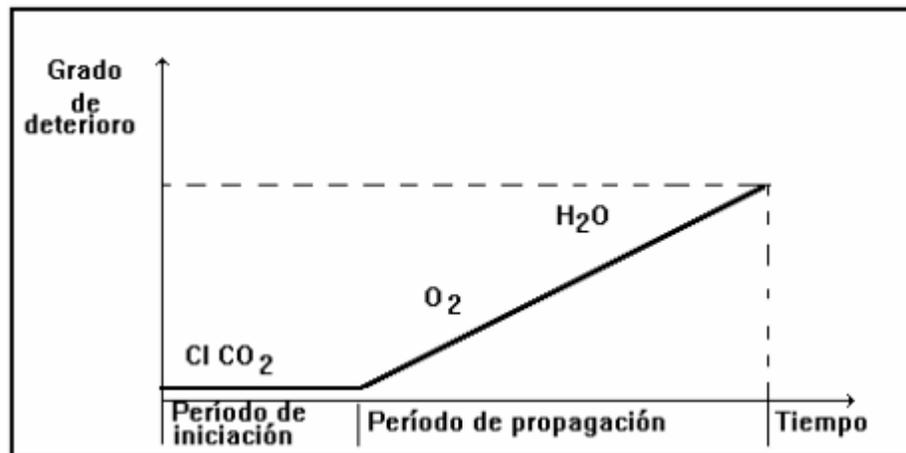
Ahora bien, por otro lado, es pertinente tener claro que la integridad de una estructura de concreto armado depende principalmente de la calidad de sus componentes como de su dosificación, esto con el fin de potencializar sus propiedades y lograr garantizar un periodo de vida útil y sobre todo prolongado. (Moreno, 2001)

Cabe recalcar que la disposición adecuada de materiales no es ajena a la garantía de vida útil nombrada anteriormente, por eso mismo es de suma importancia tener presente que la barrera de protección que le proporciona el concreto a el refuerzo de acero (varilla) es reforzada por el valor de PH el cual se obtiene en la etapa de hidratación de la mezcla de concreto, que pasivan el elemento metálico y lo protegen a nivel químico. Ahora bien, la interacción de estos materiales colocados en sitio con el ambiente provoca que la protección del acero de refuerzo se vea disminuida. Debido a que los principales agentes agresivos son los cloruros en zonas marinas y la carbonatación en zonas urbanas y rurales. (Moreno, 2001)

Cuando los agentes agresivos no están desde un inicio, estos intentaran atravesar la estructura en servicio como es el caso de este trabajo, un tanque de almacenamiento, en el

momento en que logren llegar a la superficie del metal, inician un desarrollo de corrosión, una vez se desencadena, se manifestara de las siguientes maneras:

- ✓ Sobre adherencia acero concreto
- ✓ Sobre el acero en una reducción de su diámetro inicial y por lo tanto una baja en su resistencia mecánica.
- ✓ Sobre el concreto, provocando fisuras debido a la interface de concreto-acero debido a la acumulación de óxidos.



*Imagen 17. (Moreno, 2001) Tiempo de vida útil de una estructura según periodo de iniciación y periodo de propagación.*

## **7. Justificación.**

Una de las principales razones por la cual se expone esta problemática es el costo elevado que genera el mantenimiento periódico de estas estructuras de concreto reforzado (tanques de almacenamiento), las cuales contemplan reparaciones que viéndolo desde un punto de vista son innecesarias, esto debido a que se pueden tomar medidas preventivas y lograr con esto mitigar daños como los que se han visto en algunos proyectos en la ciudad de Bogotá, donde observamos tanques que no han cumplido sus primeros cinco (5) años de servicio y están presentando patologías de corrosión, filtraciones que hacen necesario que las actividades de servicio sean detenidas con el fin de atender estas situaciones y realizar el debido proceso de reparación aliviando fugas, sin embargo y por otro lado exponiendo directamente a la comunidad a un problema de sanidad.

Si lo vemos desde el punto de vista que desde un principio se mitiguen estas falencias podemos estar seguros de que parte de nuestros impuestos serán destinados a continuar en constante desarrollo en temas de infraestructura y no retrocediendo periódicamente cada vez que se presentan problemas como el mencionado anteriormente.

Así mismo se espera aportar con este estudio un método constructivo para fundir estos tanques que sea eficaz, económico y que este abierto a mejoras, debido a que es claro que a medida que avanza la tecnología, la ingeniería civil va de la mano intentando mitigar daños ambientales y colaterales.

Adicionalmente, la constitución política colombiana advierte que el acceso al agua potable es un derecho fundamental por lo tanto es necesaria en términos inmediatos. Si bien la (OMS) Organización mundial de la salud, establece que las enfermedades a causa del

consumo de agua no tratada tienen una repercusión significativa en las zonas urbanas o rurales, se debe establecer un sistema de abastecimiento e infraestructuras de acueductos regulados que garanticen el acceso y la calidad del servicio que permitirá: (Patiño, 2021)

- ✓ Brindar derecho fundamental al agua
- ✓ Mitigar los riesgos de enfermedades incentivar el desarrollo económico
- ✓ Disminuir los índices de migración de una ciudad
- ✓ Promover el uso adecuado de recursos hídricos en una comunidad
- ✓ Aumentar el desarrollo económico de las comunidades

## 8. Metodología

- **Sistema 1:**

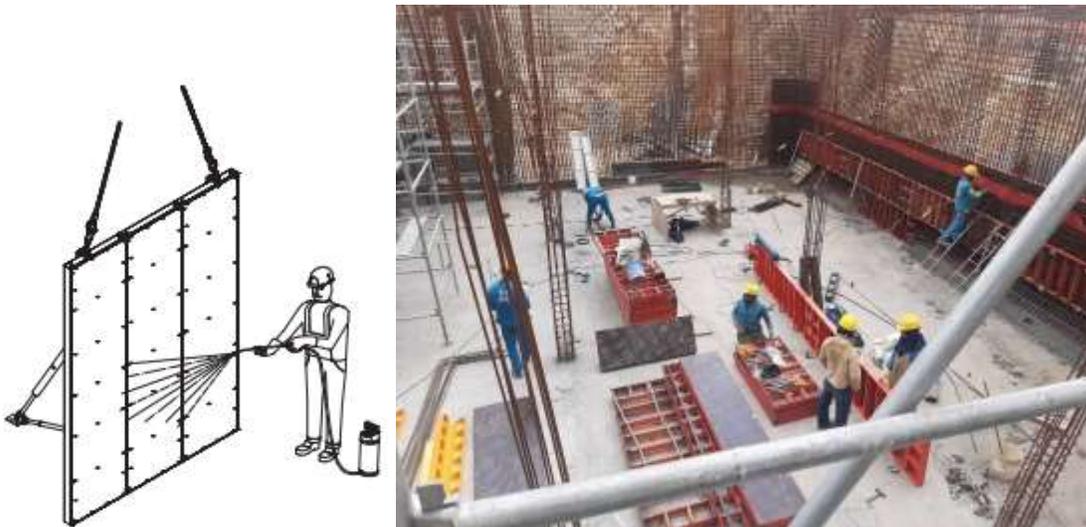
A continuación, se detalla una instrucción de cómo se debe realizar el montaje junto con las piezas especiales del siguiente sistema, el paso a paso y el orden para generar una cobertura completa, segura y versátil del área a trabajar.

Tipos de paneles y compensaciones:

	75	60	50	Ancho [cm]		LWM 75	Esquina 25	Compensación de espesor de muro
				40				
300								
250								
150								
75								

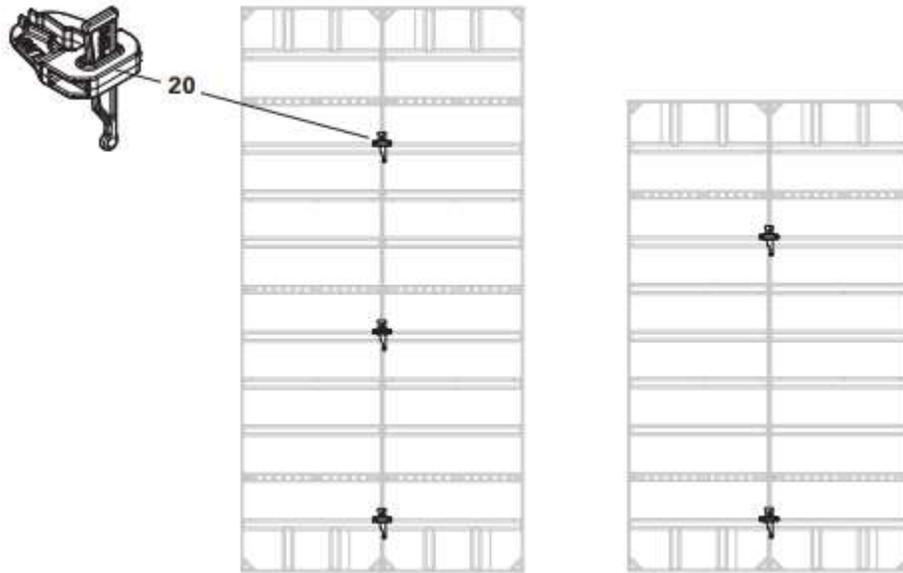
*Tabla 3. (LIWA, 2011) Catálogo de paneles y complementos que ofrece el proveedor del sistema 1, según la necesidad del proyecto.*

Inicialmente el supervisor se asegurará de instalar anti desmoldante en las caras que van a estar en contacto con el concreto, se recomienda realizar la aplicación con un aspersor con el fin de garantizar una película homogénea y generar un rendimiento mas alto para este producto que tiene como fin poder retirar la cimbra sin que esta quede adherida al concreto en etapa de fraguado.



*Imagen 68. Fuente: Autor. Instalación de desmoldante con aspersor en cara de encofrado*

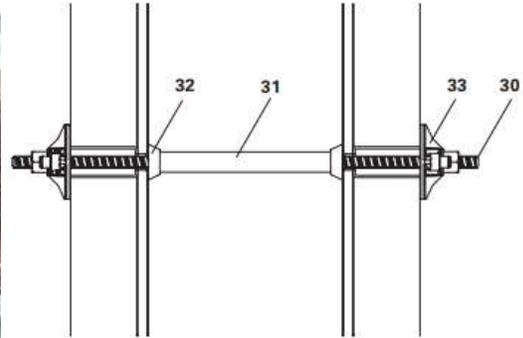
Posicionamiento de paneles: Se inicia con la instalación de paneles según el plano de modulación que brinda el proveedor, a continuación, se hace el montaje de cerrojos de compensación LIWA, para esto es necesario verificar la posición de la cuña y golpear con el martillo para garantizar un bloqueo.



|

*Imagen 79. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (Paneles y cerrojos de compensación)*

Seguido a la union de paneles con cerrojos de cuña, comenzamos la tecnica de atado, para esta es necesario el haber respetado la modulacion interna y externa debido a que la barra tensora depende de los orifios, puesto que deben quedar enfrentados, generando un angulo de 90° con la cara que estara en contacto con el concreto.



Se debe tener presente que la carga admisible de la barra de atado es de 90KN:

- 30: Barra tensora
- 31: Tubo distanciador
- 32: Cono
- 33: Tuerca mariposa de disco



*Imagen 20. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar*

- Seguido a la etapa de atado, continua el proceso de estabilizadores con el fin de alinear los muros y generar una rigidez a la estructura de encofrado, esto se logrará con tirantes regulables. Estos deben montarse para posicionar el encofrado y asegurar su estabilidad, el estabilizador y tirante se elige en función de la altura del encofrado. Cabe mencionar que es un valor agregado el no necesitar de apoyos para realizar los apuntalamientos convencionales.



*Imagen 21. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (estabilizadores)*

Todos los ajustes necesarios para esquinas de ángulo recto u oblicuo, también encuentro e intersecciones agudas se pueden realizar con pocas piezas. Con la esquina articulada se encofran esquinas entre  $75^\circ$  y  $165^\circ$ , en la esquina exterior debe montarse correas de compresión.



*Imagen 22. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (esquina articulada)*

- Este sistema cuenta con la instalación de una pasarela la cual es indispensable y muy funcional en el momento del vaciado del concreto debido a que se apoya en las paredes del encofrado, sin depender de un terreno estable para su posicionamiento.

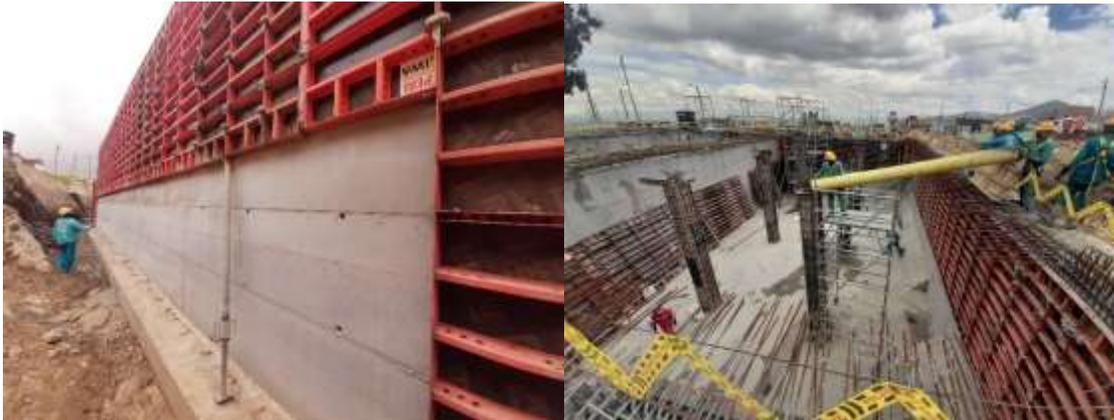


- Seguido a estos pasos se iniciará una verificación previa de alineamientos, tuercas fijas, estabilizadores. Esto con el fin de realizar el proceso de vaciado de concreto auto compactante grava fina, resistencia a 28 MPa, con sistema de auto bomba.

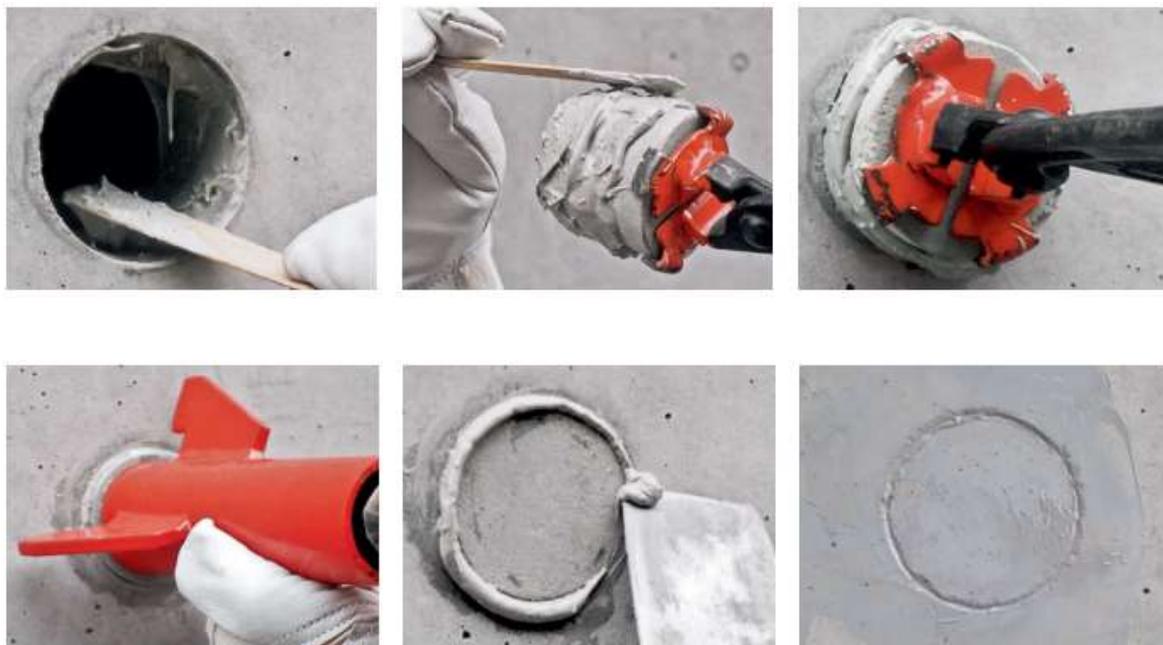


*Imagen 23. (LIWA, 2011) LIWA, encofrado modular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar (estabilizadores)*

Pasados los primeros días de fraguado, se retira el encofrado y se realiza una revisión con el fin de evidenciar posibles segregaciones causadas por la constancia en la descarga la cual depende del flujo de llegada de los camiones.



Posterior a la revisión de segregación, desprendimientos de concreto se realiza la instalación conos de concreto con un componente el cual se prepara in situ a base de una masilla con agua y respetando una relación 1:3. Este componente de pega lo suministra el proveedor.



Se obtiene como producto un tanque de almacenamiento de agua potable impermeabilizado el cual será sometido a pruebas de estanqueidad con el fin de corroborar que no presenta filtraciones



- **Sistema 2:**

A continuación, se evidencia el catálogo que ofrece el proveedor según la modelación requerida de los elementos estructurales, producto y dimensiones.

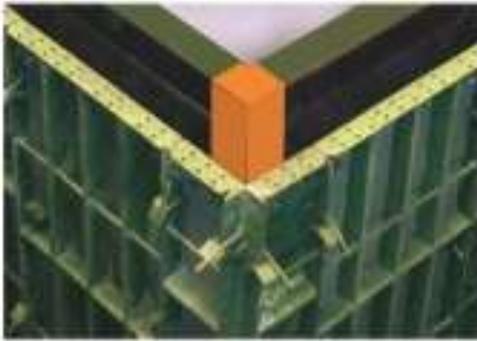
Como se puede notar la altura mayor con la que se puede modelar es de 2.40m y en este caso a pesar de no contar con esquinas articuladas, se mitiga la falta de estos accesorios con esquineras de 90°.

PRODUCTO	DIMENSIONES Metros			PESO	PRODUCTO	DIMENSIONES Metros			PESO
Módulo	2,40	0,60	-	51 kg	Tapamuro	2,40	0,12	-	20 kg
Módulo	2,40	0,55	-	49 kg	Tapamuro	2,40	0,10	-	18 kg
Módulo	2,40	0,50	-	45 kg	Tapamuro	2,40	0,08	-	16 kg
Módulo	2,40	0,45	-	41 kg	Tapamuro	1,20	0,12	-	10 kg
Módulo	2,40	0,40	-	36 kg	Tapamuro	1,20	0,10	-	9 kg
Módulo	2,40	0,35	-	32 kg	Tapamuro	1,20	0,08	-	8 kg
Módulo	2,40	0,30	-	28 kg	Caja metálica	-	-	-	14 kg
Módulo	2,40	0,25	-	23 kg	Chapeta Grande	-	-	-	0,30 kg
Módulo	2,40	0,20	-	18 kg	Mordaza	0,08	-	-	0,75 kg
Módulo	2,40	0,15	-	14 kg	Corbata lisa	0,10	-	-	0,08 kg
Módulo	2,40	0,10	-	12 kg	Corbata lisa	0,12	-	-	0,10 kg
Módulo	2,40	0,08	-	9 kg	Corbata lisa	0,15	-	-	0,12 kg
Módulo	1,20	0,60	-	26 kg	Corbata lisa	0,20	-	-	0,15 kg
Módulo	1,20	0,55	-	24 kg	Corbata lisa	0,25	-	-	0,18 kg
Módulo	1,20	0,50	-	22 kg	Corbata lisa	0,08	-	-	0,21 kg
Módulo	1,20	0,45	-	21 kg	Corbata 4 huecos	0,10	-	-	0,12 kg
Módulo	1,20	0,40	-	19 kg	Corbata 4 huecos	0,12	-	-	0,17 kg
Módulo	1,20	0,35	-	17 kg	Corbata 4 huecos	0,15	-	-	0,19 kg
Módulo	1,20	0,30	-	15 kg	Corbata 4 huecos	0,20	-	-	0,21 kg
Módulo	1,20	0,25	-	14 kg	Corbata 4 huecos	0,25	-	-	0,24 kg
Módulo	1,20	0,20	-	10 kg	Corbata 4 huecos	6,00	-	-	0,27 kg
Módulo	1,20	0,15	-	9 kg	Tubo alineador	3,00	-	-	34 kg
Módulo	1,20	0,10	-	7 kg	Tubo alineador	-	-	-	14 kg
Módulo	1,20	0,08	-	5 kg	Martillo extractor	-	-	-	7 kg
Módulo	1,20	0,05	-	4 kg	Andamio triangular	-	-	-	17 kg
Rinconera	2,40	0,10	0,10	17 kg	Pico manual	-	-	-	0,50 kg
Rinconera	1,20	0,10	0,10	9 kg	Tubo manual	-	-	-	0,60 kg
Ángulo	2,40	0,06	0,06	6 kg	Saca modulos	-	-	-	0,40 kg
Ángulo	1,20	0,06	0,06	3 kg	Tensores	-	-	-	12 kg

Tabla 4. (FORMESAN, Guía práctica para armar y desarmar, 2010) Cartilla de paneles y accesorios del sistema 2, según la modulación del plano y necesidad de la obra.

- Rinconeras

Instale las piezas llamadas rinconeras en las esquinas de la estructura con el fin de ir formando escuadra entre muros adyacentes, así mismo cumple la función de unir paneles entre muros y placas. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 24. (FORMESAN, Guía práctica para armar y desarmar, 2010) Rinconeras*

- Chapetas:

Con el fin de generar estabilidad, posicione cada uno de los paneles o formaleta a utilizar asegurándolos con este accesorio, los cuales deben colocarse siempre en la perforación interna, con el fin de mejorar el cierre entre módulos. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 25. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Chapetas*

- Corbatas:

Seguido a la instalación de chapetas, se realiza la instalación de este accesorio el cual busca garantizar el espesor del muro, es necesario recalcar que su retiro se realiza según necesidades del proyecto, en algunas ocasiones no se requiere su desmonte. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 26. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Corbatas*

- Después de haber seguido las instrucciones anteriores se debe continuar instalando encofrado simultáneamente según el plano de modulación, respetando las medidas indicadas, esto con el fin de que no se generen desperdicios y se pueda utilizar en totalidad cada una de las piezas. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 27. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010)Modulación*

- Alineadores:

A medida que se avanza con la instalación de más paneles, es necesario la instalación de alineadores, son perfiles metálicos de cuatro por ocho centímetros los cuales cumplen la función de generar un alineamiento vertical y horizontal, estos irán sujetos con mordazas los cuales ayudan a sujetar los alineadores a los paneles de encofre. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 28. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Alineadores*

- Uno de los últimos pasos es la inspección de los alineamientos conforme a los ejes marcados previamente, de igual manera el control de verticalidad con el fin de buscar un terminado de concreto a plomo. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 29. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Corrección con herramienta manual (alineador)*

- Posterior a la verificación de alineamientos, se realiza una revisión en accesorios como chapetas, mordazas y alineadores, buscando que ninguno de estos este suelto, puesto que en el momento de vaciar el concreto es un punto clave para que la presión del concreto busque por donde salir. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 30. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010) Ilustración de inspección de accesorios en conjunto*

- Para vaciar la última etapa de muro junto con la placa de cubierta es necesario utilizar la rinconplaca con el fin de conectar los paneles de los mutros con la formaleta de la placa. Es necesario en este caso realizar una inspección de niveles asegurándose cumplir con las pendientes necesarias según planos para la placa a fundir. (FORMESAN, Encofrado metalicos para modelado de concreto, 2013)



*Imagen 31. (FORMESAN, Guia practica para armar y desarmar, 2010)Placa cubierta*

- **Sistema 3:**

A continuación, se presenta la variedad que ofrece Uniplast, encofrado esencial para el aligeramiento de placas cubiertas en tanques de almacenamiento. Esta configuración de cimbra es muy usada en obras de gran envergadura donde se requieren luces muy grandes.

codigo	Peso	Frente (Aprox.)	Lateral (Aproximado)	alto (aproximado)	Pobre de mí
FRA-505025	8	50cm	50cm	25cm	5cm
FRA-555525	9	55cm	55cm	25cm	7,5cm
FRA-686820	12	68cm	68cm	20 centímetros	7,5cm
FRA-606030	13	60cm	60cm	30 centímetros	7,5cm
FRA-707025	12	70cm	70cm	25cm	7,5cm
FRA-707030	15	70cm	70cm	30 centímetros	7,5cm
FRA-757520	14,5	75cm	75cm	20 centímetros	7,5cm
FRA-757525	15	75cm	75cm	25cm	7,5cm
FRB-757525	15	75cm	75cm	25cm	7,5cm
FRA-757530	15,5	75cm	75cm	30 centímetros	7,5cm
FRA-757535	dieciséis	75cm	75cm	35cm	7,5cm
FRA-757537	18	75cm	75cm	37cm	7,5cm
FRA-757540	18,5	75cm	75cm	40cm	7,5cm
FRA-808030	18	80cm	80cm	30 centímetros	7,5cm
FRA-858525	19,5	85cm	85cm	25cm	7,5cm
FRA-858535	22	85cm	85cm	35cm	7,5cm
FRA-909035	24	90cm	90cm	35cm	7,5cm
FRA-909043	25,5	90cm	90cm	43cm	7,5cm

*Tabla 5. (UNIPLAST, 2018) Cartilla de paneles y accesorios del sistema 3, según la modulación del plano y necesidad de la obra.*

- Se realizará el armado de la cimbra para la cubierta garantizando niveles para que esta trabaje a una o dos aguas según lo requiera el diseño, posterior a ello se comienzan a subir las bovedillas (casetones) se colocan uno al principio y otra al final con el objetivo de que las viguetas queden a una distancia lo más homogénea.

Es muy importante tener en cuenta no caminar sobre las bovedillas cuando la losa esta lista, debido a que se pueden romper con mucha facilidad y ocasionar accidentes.



*Imagen 32. (UNIPLAST, 2018) Clasificación y tipo de bovedillas*

Armado de cimbra para placa, revisión de niveles y alineamientos.





*Imagen 33. Fuente: Autor. Instalación de formaleta para colocación de bovedillas*

Después de terminar de instalar la primera sección de cimbra para placa, se comienzan a subir la formaleta (casetones), se puede notar que se dejan marcadas las vigas de amarre con el fin de realizar una distribución pareja de las bovedillas y generar viguetas uniformes en cuanto a espesor.

## 9. Análisis de precios unitarios

Es la evaluación que se realiza generalmente a una actividad en particular de la obra con el fin de conocer detalladamente sus costos individuales, con el objetivo de demostrar su valor antes de la construcción, esto sujeto a condiciones y pliego de peticiones del contrato, así mismo las necesidades a satisfacer propiamente de la obra. (El precio unitario, 2004)

Después de haber definido hitos como la necesidad y condiciones; se exponen los recursos con los que se cuenta y así mismo la mano de obra necesaria, de esta manera se pretende organizar, los insumos, herramientas y cálculo de rendimientos en una plantilla con el fin de analizar posibles cambios en harás de buscar un ajuste en tiempo, dinero y calidad de la actividad a ejecutar. (El precio unitario, 2004)



*Imagen 34. (El precio unitario, 2004) Componentes a evaluar y calcular en el análisis de precio unitario*

## **9.1. Precios sistema de avalúo e infraestructura SAI EAAB.**

Se determinará unos precios en el mercado debido a una solicitud hecha en el departamento de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, estos precios pasaran por un proceso de selección y se determinara una lista general la cual funcionara como herramienta indispensable al momento de contratar y generar una lista de costos y presupuestos cubriendo las necesidades económicas de cada proyecto. (Bogota, 2012)

## **9.2. Precios de impuestos a los dividendos y a las utilidades (IDU)**

A continuación, se calculará los rendimientos para la instalación de sistemas de encofrados con el fin de generar un precio global obteniendo un panorama de los costos de instalación de cimbras el cual incluye, colocación de concreto, utilización de herramienta menor, cuadrillas dependiendo de la manejabilidad que ofrece cada sistema en su montaje. Para este caso se contempla la instalación de encofrado para un tanque de almacenamiento donde las áreas a cubrir son tradicionales como cuadrados y rectángulos.



*Imagen 35. Fuente: Autor. Producto en etapa de culminación esperando tiempos de fraguado para retiro de formaleta sistema 1*

En este caso se valora el sistema 1 versus el sistema 2, para ello se tendrá presente la lista actualizada del catálogo de la EAAB.

La siguiente lista sugiere precios de diferentes tipos de concreto y con ello poder establecer el precio inicial del suministro y la instalación del mismo, este valor inicial no contempla variables como actividades adicionales y materiales secundarios que generen reprocesos y sobre costos los cuales generar un elevado precio

**LISTADO DE PRECIOS DE REFERENCIA DEL SISTEMA DE AVALÚO E INFRAESTRUCTURA SAI**  
**Catálogo: ÍTEMS SAI**  
**Actualización: 21 de Febrero 2022**

108.008.018	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5 Mpa/ cimentacion/acelerante	M3	774.620,00
108.008.019	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ cimentacion/acelerante	M3	790.863,00
108.008.020	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa con impermeabilizante	M3	582.561,00
108.008.021	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5 Mpa con impermeabilizante	M3	601.280,00
108.008.022	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa con impermeabilizante	M3	619.027,00
108.008.023	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura	M3	721.900,00
108.008.024	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura	M3	738.143,00
108.008.025	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ estructura	M3	754.387,00
108.008.026	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura/acelerante	M3	841.684,00
108.008.027	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura/acelerante	M3	897.855,00
108.008.028	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ estructura/acelerante	M3	914.099,00
108.008.029	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura/impermeabilizante	M3	735.051,00
108.008.030	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura/impermeabilizante	M3	752.422,00

108.008.018	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5 Mpa/ cimentacion/acelerante	M3	774.620,00
108.008.019	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ cimentacion/acelerante	M3	790.863,00
108.008.020	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa con impermeabilizante	M3	582.561,00
108.008.021	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5 Mpa con impermeabilizante	M3	601.280,00
108.008.022	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa con impermeabilizante	M3	619.027,00
108.008.023	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura	M3	721.900,00
108.008.024	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura	M3	738.143,00
108.008.025	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ estructura	M3	754.387,00
108.008.026	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura/acelerante	M3	841.684,00
108.008.027	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura/acelerante	M3	897.855,00
108.008.028	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ estructura/acelerante	M3	914.099,00
108.008.029	Sumin.-Instal. concreto resist.21 Mpa/ estructura/imperrmeabilizante	M3	735.051,00
108.008.030	Sumin.-Instal. concreto resist.24,5Mpa/ estructura/impermeabilizante	M3	752.422,00
108.008.031	Sumin.-Instal. concreto resist.28 Mpa/ estructura/impermeabilizante	M3	770.168,00
108.008.032	Sumin.-Instal. Concreto canal acabado s/diseño resist.21 MPa	M3	594.497,00
108.008.033	Sumin.-Instal. Concreto canal acabado s/diseño resist.24,5 MPa	M3	610.741,00

*Tabla 6. (EAAB, 2022) Cartilla de precios del sistema de avaluó e infraestructura de la*

*EAAB.*

Se refiere a un listado de precios unitarios que sirve como herramienta base para la contratación de obras y en particulares públicas. (Avalos, 2022)

BOGOTÁ		idu		PRECIOS DE REFERENCIA		Clic para regresar	Insumos	Análisis de Precios Unitarios (APU)	Valores de referencia (Construcción y Conservación)	Novedades BD
Fecha de publicación: 24 enero 2022 Fecha del último ajuste parcial: 16/05/2022 <a href="#">Resumen de fechas de publicación y ajustes: clic aquí</a>										
<b>INSUMOS</b>										
*NOTA: Los precios de los insumos relacionados con el acero publicados en este visor, no consideran la volatilidad del mercado siderúrgico para el periodo de la actualización. (Ver última columna para casos en los que aplica esta nota)										
Origen	Grupo	Código	Nombre	UM	Precio	Fecha de Actualización (Prec)				
Antiguo	CONCRETOS Y MORTEROS PREMEZCLADOS	6072	CONCRETO M41	M3	\$417.690	Actualización 2021-I				
Antiguo	CONCRETOS Y MORTEROS PREMEZCLADOS	6073	CONCRETO M43	M3	\$443.820	Actualización 2021-I				
Antiguo	SUELDOS Y JORNALES	6087	TARIFA JORNAL - PERSONAL DE OBRA - AYUDANTE (INCLUYE FACTOR DE PRESTACIONES)	JR	\$55.050	Actualización MD 2022				
Antiguo	SUELDOS Y JORNALES	6088	TARIFA JORNAL - PERSONAL DE OBRA - OFICIAL (INCLUYE FACTOR DE PRESTACIONES)	JR	\$73.165	Actualización MD 2022				
Antiguo	EQUIPO LINDA Y HERRAMIENTAS	6092	HERRAMIENTA MENOR	GLB	\$2.000	Actualización 2021-I				

Tabla 7. (Urbano, 2022) Cartilla de precios unitarios del IDU

De la anterior búsqueda en el catálogo SAI de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá EAAB y los precios IDU obtenemos la siguiente lista de precios para nuestra actividad, cabe mencionar que los precios de formaleta metálica y deslizante son de alquiler y dentro del valor esta incluido los accesorios dependiendo del sistema, así mismo dentro del ejercicio a realizar se contemplan herramientas menores particularmente para un sistema de encofrado.

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
TARIFA JORNAL - PERSONAL DE OBRA - AYUDANTE (INCLUYE FACTOR DE PRESTACIONES)	JR	\$ 55.053
TARIFA JORNAL - PERSONAL DE OBRA - OFICIAL (INCLUYE FACTOR DE PRESTACIONES)	JR	\$ 79.185
EQUIPO LIVIANO Y HERRAMIENTAS (HERRAMIENTA MENOR)	GLB	\$ 2.000
SUMIN.-INSTAL. CONCRETO RESIST, 28MPa/ ESTRUCTURA/IMPERMEABILIZANTE	M3	\$ 770.168
VIBRADOR TIPO AGUJA	DIA	\$ 22.372
SIERRA ELECTRICA CALADORA	HR	\$ 1.561
DESTORNILLADOR DE IMPACTO	HR	\$ 1.488
PLANTA ELECTRICA 4KW - INCLUYE COMBUSTIBLE	HR	\$ 6.711
PULIDORA MANUAL ELECTRICA	HR	\$ 2.487
TALADRO ROTOPERCUTOR HASTA 3/4"	HR	\$ 2.737
SERRUCHO DE 20" DIENTE ENDURECIDO	UN	\$ 16.964
MARTILLO DE BOLA DE 2LB	UN	\$ 37.900
EQUIPO DE SOLDADURA - CAPACIDAD 225 AMP	DIA	\$ 38.900
ANDAMIO TUBULAR (SECCION INCLUYE 2 CRUCETAS, DOS CARAS Y PLANCHON)	DIA	\$ 1.012
ANDAMIO TUBULAR DE 1.50m (6 SECCIONES)	DIA	\$ 3.570
FORMALETA PARA CONCRETOS - MADERA (ESTRUCTURAS ENTERRADAS - UN (1) USO)	M2	\$ 23.001
FORMALETA METÁLICA (CONCRETO HIDRÁULICO)	M2/DIA	\$ 1.012
CIMBRA DE SOPORTE. FORZA ANDAMIOS Y FORZA ACERO LOSA	M2/DIA	\$ 9.520
ANDAMIO CERTIFICADO MULTIDIRECCIONAL 4 MÓDULOS AUTOESTABLES (2 TORRES CON PASARELA DE 3 METROS DE 1.40 m x 5.80 m)	DIA	\$ 46.484
TORRE DE ANDAMIO ESTÁNDAR DE 1,40m x 2,07m A 4 METROS, CON BASE RODANTE (Alquiler)	DIA	\$ 22.874
FORMALETA CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	M2/DIA	\$ 833
FORMALETAS DESLIZANTES	M2/DIA	\$ 845

*Tabla 8. (Urbano, 2022)Cartilla de precios unitarios del IDU*

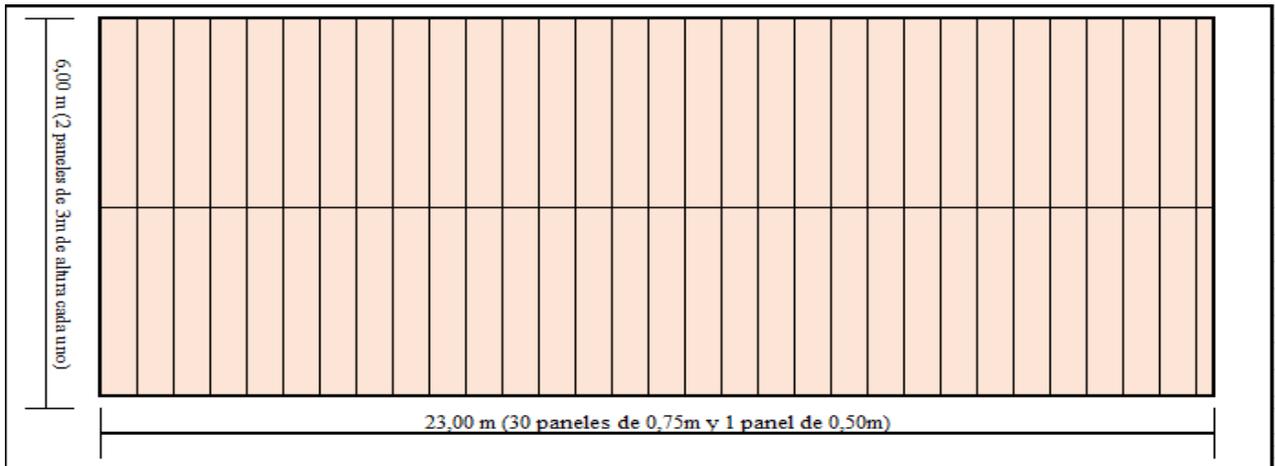
Se requiere instalar encofrado en el menor tiempo posible para los muros perimetrales de un tanque de almacenamiento rectangular que cuenta con las siguientes dimensiones:

- ✓ Altura de muros: 6,00m
- ✓ Espesor de muros en concreto auto compactante: 0.50m
- ✓ Largo externo: 23,00m
- ✓ Ancho externo: 20,00m

Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más largo) y dividir su longitud externa en el panel más grande que ofrece el sistema 1: arrojando las siguientes cantidades:

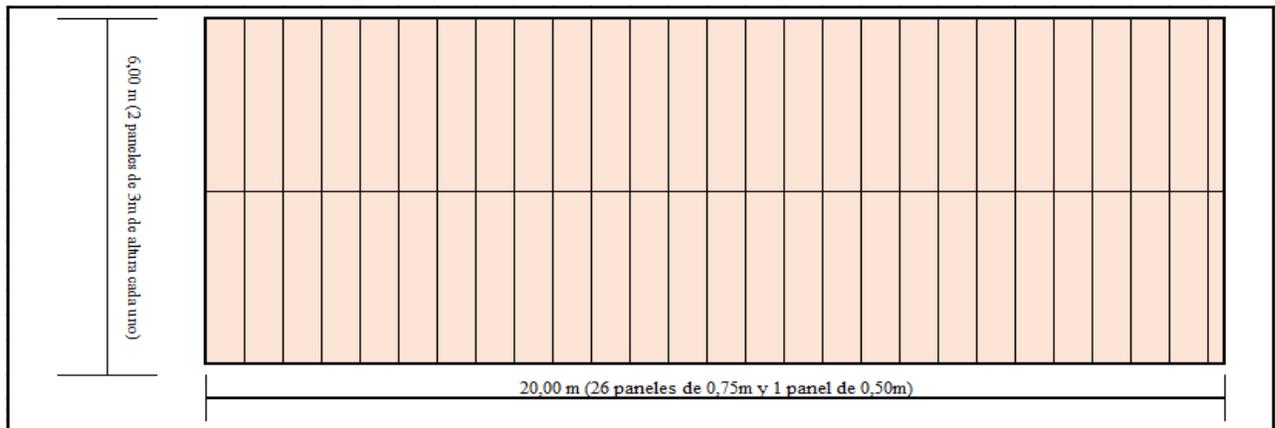
- ✓ (30 und de: 0.75m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas

- ✓ (1 und de: 0.50m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas



Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más corto) y dividir su longitud externa en el panel más grande que ofrece el sistema 1: arrojando las siguientes cantidades:

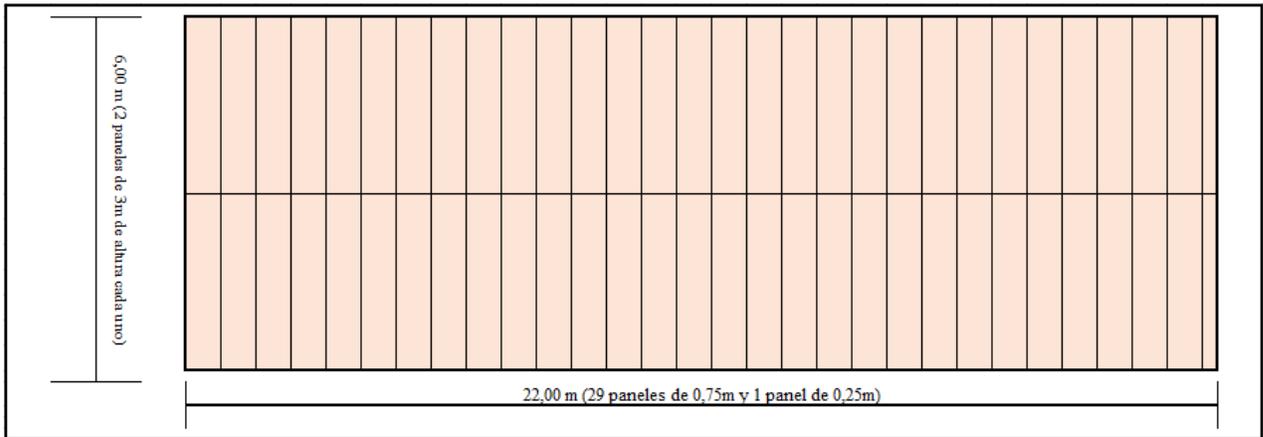
- ✓ (26 und de: 0.75m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas
- ✓ (1 und de: 0.50m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas



Para las caras internas se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más largo) y dividir su longitud interna en el panel más grande que ofrece el sistema 1:

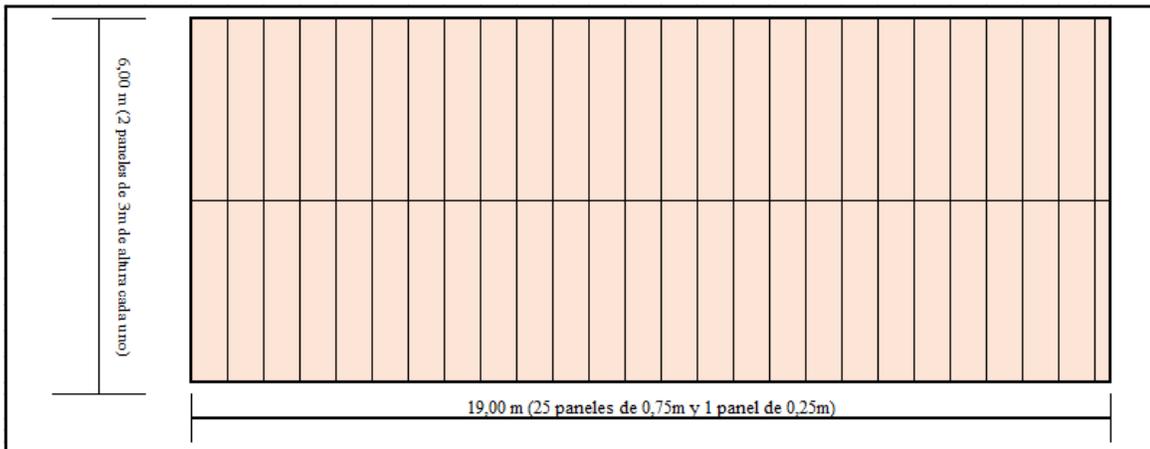
- ✓ (28 und de: 0.75m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas

- ✓ (1 und de: 0.50m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas



Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más corto) y dividir su longitud interna en el panel más grande que ofrece el sistema 1: arrojando las siguientes cantidades:

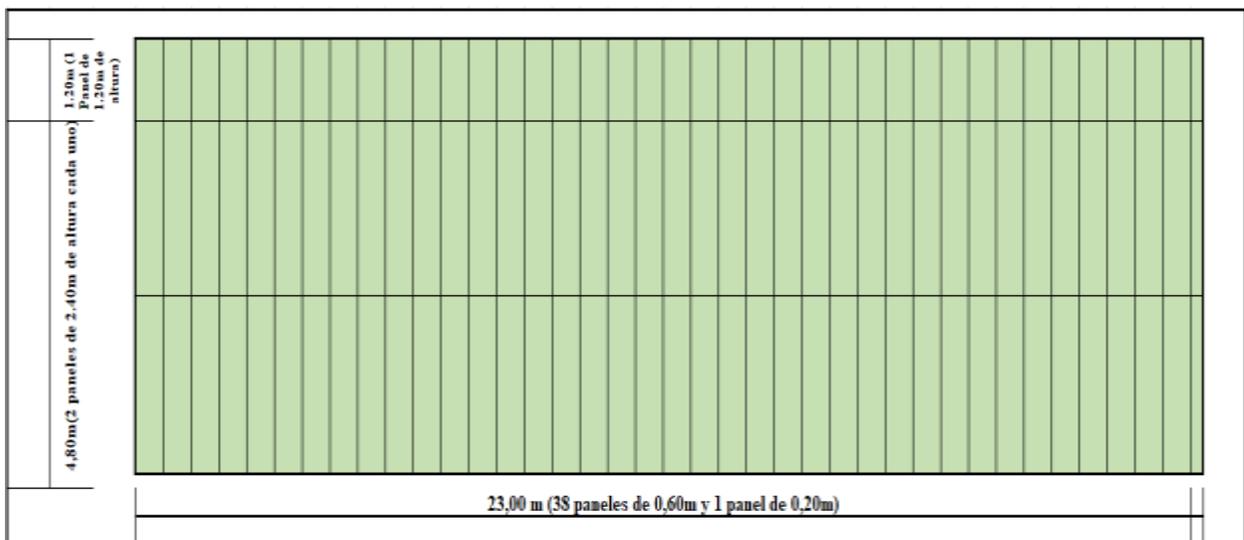
- ✓ (19 und de: 0.75m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas
- ✓ (1 und de: 0.25m x 3.0m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas



A continuación, se realizará el mismo ejercicio anterior con el sistema 2.

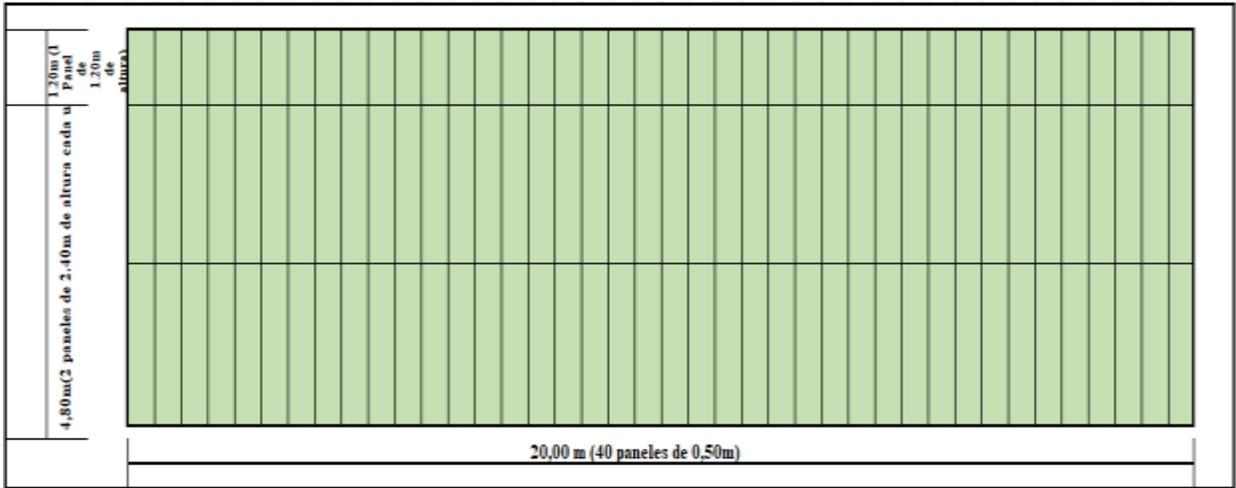
Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más largo) y dividir su longitud externa en los paneles más grandes que ofrece el sistema 2: arrojando las siguientes cantidades:

- ✓ (38 und de: 0.60m x 2,40m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas
- ✓ (1 und de: 0.20m x 2.40m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas
- ✓ (38 und de: 0.60m x 1.20m) x 1 filas x 2 caras externas
- ✓ (1 und de: 0.20m x 1.20m) x 1 filas x 2 caras externas



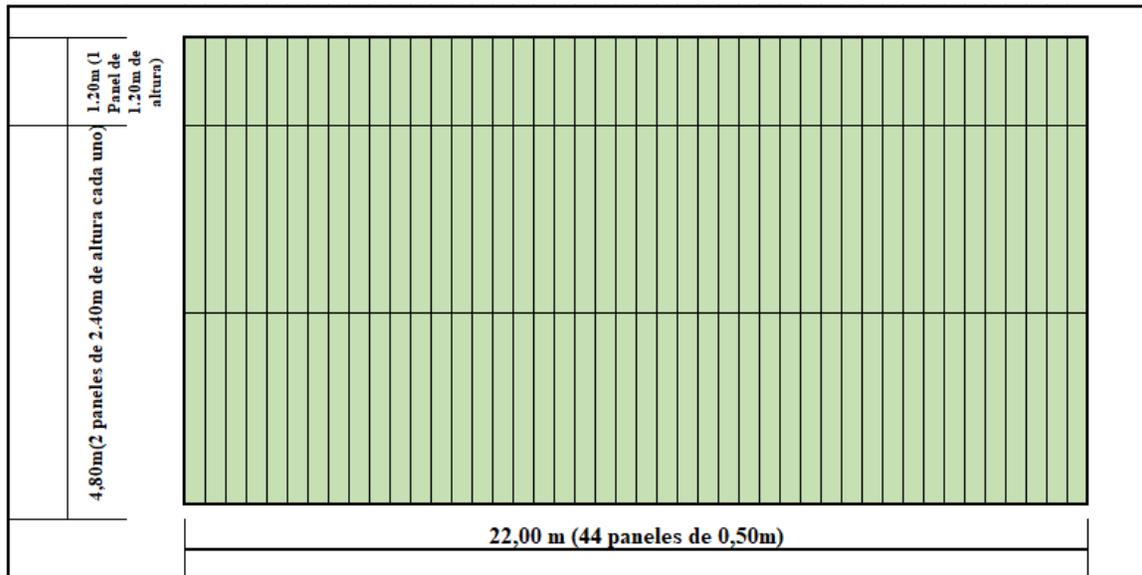
Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más corto) y dividir su longitud externa en el panel más grande que ofrece el sistema 2: arrojando las siguientes cantidades:

- ✓ (40 und de: 0.50m x 2,40m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras externas
- ✓ (40 und de: 0.50m x 1,20m) x 1 filas x 2 caras externas



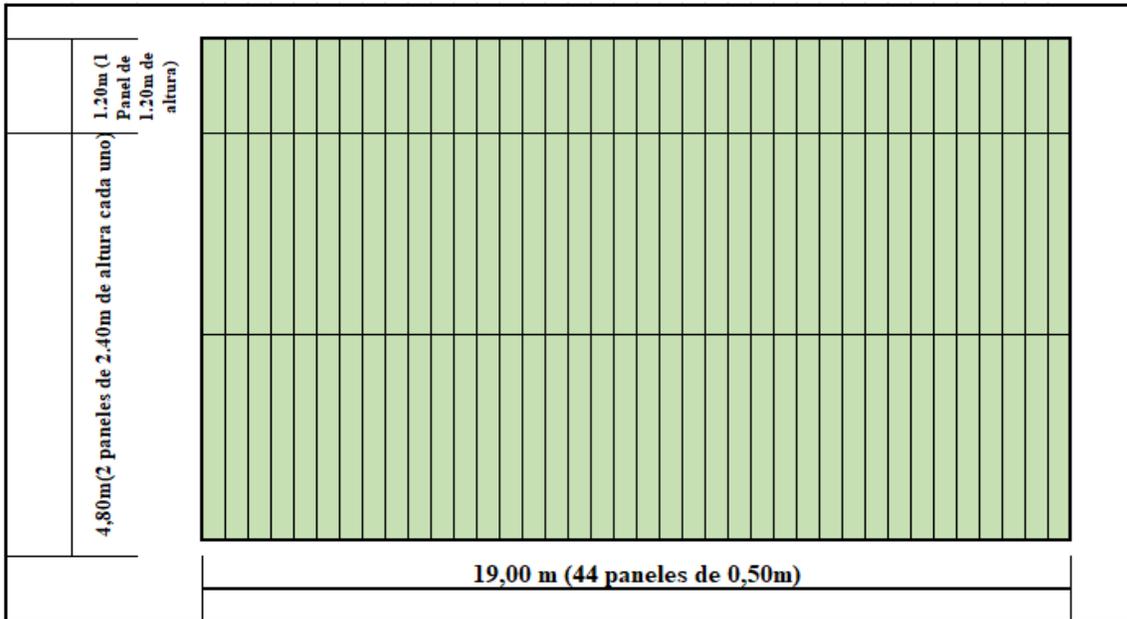
Para las caras internas se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más largo) y dividir su longitud interna en el panel más grande que ofrece el sistema 32: arrojando las siguientes cantidades:

- ✓ (44 und de: 0.50m x 2.40m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas
- ✓ (44 und de: 0.50m x 1.20m) x 1 fila x 2 caras internas



Se procede a tomar uno de los muros (en este caso el más corto) y dividir su longitud interna en el panel más grande que ofrece el sistema 2: arrojando las siguientes cantidades:

- ✓ (38 und de: 0.50m x 2.4m) x 2 filas (1 arriba + 1 abajo) x 2 caras internas
- ✓ (38 und de: 0.50m x 1.20m) x 1 filas x 2 caras internas.



1. Ahora calculamos el área de trabajo la cual está dada por:

$$✓ \text{ Área externa} = \text{Perímetro externo} \times \text{Altura}$$

$$\text{Perímetro} = ((23.00\text{m} \times 2) + (20.00\text{m} \times 2)) = 86.00\text{m}$$

$$\text{Altura} = 6.00\text{m}$$

$$\text{Área externa} = 86.00\text{m} \times 6.00\text{m}$$

$$\text{Area externa} = 516 \text{ m}^2$$

$$\checkmark \text{ \textit{Área interna} = \textit{Perímetro externo} \times \textit{Altura}}$$

$$\text{Perímetro} = ((22.00\text{m} \times 2) + (19.00\text{m} \times 2)) = 82.00\text{m}$$

$$\text{Altura} = 6.00\text{m}$$

$$\text{Área interna} = 82.00\text{m} \times 6.00\text{m}$$

$$\text{Área interna} = 492 \text{ m}^2$$

$$\checkmark \text{ \textit{Área total para encofrar} = 1008 \text{ m}^2}$$

2. Se definirán tiempos de trabajo de 8 horas (1 jornal), de igual manera en la siguiente tabla se evidencian tiempos de durante la instalación del sistema 1 y 2. Se obtienen los siguientes rendimientos, adicional a ello se tomó el valor actual del catálogo del IDU con el fin de tener un panorama aterrizado a lo más real en cuanto a precios. Se realiza el descuento del 8% de prestaciones sociales al valor diario de oficiales y ayudantes

Tipo de Cuadrilla	SMLMV			VALOR CUADRILLA DIA			VALOR CUADRILLA HORA		
	Oficial	Ayudante	Total	Oficial	Ayudante	Total	Oficial	Ayudante	Total
Cuadrilla AA (1 Oficial + 1 Ayudante)	\$ 2.185.506	\$ 1.519.463	\$ 3.704.969	\$ 72.850	\$ 50.649	\$ 123.499	\$ 9.106	\$ 6.331	\$ 15.437
Cuadrilla BB (1 Oficial + 2 Ayudante)	\$ 2.185.506	\$ 3.038.926	\$ 5.224.432	\$ 72.850	\$ 101.298	\$ 174.148	\$ 9.106	\$ 12.662	\$ 21.768
Cuadrilla CC (2 Oficial + 2 Ayudante)	\$ 4.371.012	\$ 3.038.926	\$ 7.409.938	\$ 145.700	\$ 101.298	\$ 246.998	\$ 18.213	\$ 12.662	\$ 30.875

*Tabla 9. Fuente: Autor. Análisis de costos de cuadrillas según el personal necesario para la instalación de formaleta y vaciado de concreto auto compactante*

Area (m <sup>2</sup> )	tiempo (HR)	Rendimiento sistema 1. (m <sup>2</sup> /Hrh)	Mano de Obra.		
			Cuadrilla AA	Cuadrilla BB	Cuadrilla CC
120	12,13	9,9	1		
250	25,48	9,8	1	2	
380	33,29	11,4		2	
1008	40,3	25,0	1	2	1

Area (m <sup>2</sup> )	tiempo (HR)	Rendimiento sistema 2. (m <sup>2</sup> /Hrh)	Mano de Obra.		
			Cuadrilla AA	Cuadrilla BB	Cuadrilla CC
120	24,45	4,9	1		
250	48,25	5,2	1	2	
380	51,2	7,4		2	
1008	96,45	10,5	2	2	2

*Tabla 10. Fuente: Autor. Calculo de rendimientos de acuerdo a los lineamientos del ejercicio propuesto y estimaciones de tiempo hechas en campo.*

Para el área de trabajo de 1008m<sup>2</sup> se obtuvo un rendimiento de 25 metros cuadrados horas hombre, este debido a que se tienen contempladas variables como la no utilización de serruchos, taladros, destornilladores como herramienta menor, los cuales generalmente tienen como función ayudar a guiar, generar complementos en madera cuando la formaleta no ofrece una modulación exacta, por eso mismo este sistema al omitir estas consideraciones su rendimiento aumenta, adicional se recalca el material (Aluminio) por lo cual no es necesario mas de dos personas para izar, ubicar e instalar; Por otro lado se menciona que los paneles son mas grandes, esto genera una mayor cobertura del área a trabajar en menor tiempo, área que usualmente es conocida y tradicional en este campo de trabajo, esto permite en el peor escenario improvisar un nuevo panel que se ajuste a la modulación inicial.

En la tabla se observan como el rendimiento del sistema 2 disminuye en comparación a los rendimientos del sistema 1, esto debido a que por cada metro cuadrado en este sistema se requiere una serie de accesorios los cuales se deben rectificar, y generan por ende un

reproceso en la instalación, adicional en los esquemas anteriores se puede notar la mayor cantidad de paneles a instalar debido a que la mayor dimensión de altura que ofrece el sistema es de 2.40m, esto conlleva a realizar un montaje de andamio para la ultima fila superior de 1.20m con el fin de cubrir los 6.0m de altura. Como el material con el que se fabrica es acero, se requiere de unas cuadrillas extras para realizar trabajos de cargas, esto genera sobre costos en los precios y conlleva a concluir que es un sistema con altos costos de operatividad.

En los siguientes análisis de precios unitarios que se presentan a continuación se establece como forma de pago el día, para ello es necesario convertir el tiempo de horas a días y relacionarlo con el valor correspondiente. En este caso 40,3 horas se dividen en 1 jornal (8 horas) y obtenemos un valor de 5,03 días. Siendo este valor el que se presenta en el capítulo de mano de obra del APU para ambos sistemas.

### 9.2.1. Análisis de precios unitarios del sistema 1.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - SISTEMA 1						
No. ITEM	Instalación de concreto premezclado auto - compactante, grava fina 1/2", f'c=28MPs a 28 días. Incluye (Transp/Sumin-Instal.) Para muros de tanque de almacenamiento				UN	M3
MATERIALES						
No. ITEM ó Código	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL	
108.008.031	Suministro - instalacion. Concreto resistencia 28 Mpa	m3	252	\$ 770.168	\$ 194.082.336	
SUBTOTAL					\$ 194.082.336	
EQUIPO - HERRAMIENTA						
No. ITEM ó Código	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL	
	Fomaleta metalica para concretos hidraulicos	m2/dia	252	\$ 1.012	\$ 255.024	
	Martillo de bola de 2 Lb	UN	9	\$ 37.900,00	\$ 341.100,00	
SUBTOTAL					\$ 596.124	
MANO DE OBRA						
No. ITEM ó Código	DESCRIPCION	UND	REND	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL
	Cuadrilla AA (1 Oficial + 1 Ayudante)	Dia	5,03	1	\$ 123.498,96	\$ 621.199,77
	Cuadrilla BB (1 Oficial + 2 Ayudante)	Dia	5,03	2	\$ 174.147,72	\$ 1.751.926,06
	Cuadrilla CC (2 Oficial + 2 Ayudante)	Dia	5,03	1	\$ 246.997,92	\$ 1.242.399,54
SUBTOTAL					\$ 3.615.525,37	
TOTAL					\$ 198.293.985,37	

*Tabla 11. Análisis de precio unitario para un metro cubico de concreto de 4000PSI impermeabilizado, incluye el suministro de formaleta del sistema 1, herramienta menor y mano de obra (EAAB, 2022)*

### **9.2.2. Análisis de precios unitarios del sistema 2**

En el siguiente análisis se contempla unas cuadrillas adicionales puesto que este sistema requiere de mas personal debido a que el panel mas grande que ofrece el proveedor es de 2,40m x 0.60m, esto implica unas personas en andamio y otras realizando trabajos de izaje, bajando el rendimiento de instalación y aumentando los costos de operación, además de costos de herramienta, para esto se contempla de igual manera pulidoras, taladro y martillos para realizar trabajos de compensaciones, así mismo esta formaleta puede presentar esfuerzos a tensión que no resistirá y por eso mismo se tiene en consideración un planta de soldadura con el fin de curar esas luces entra paneles, luces que también se generan por un mal acopio, debido a que este sistema no cuenta con un alma independiente al tablero, esto produce una deformación monolítica y no independiente.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - SISTEMA 2						
No. ITEM	Instalacion de concreto premezclado auto - compactante, grava fina 1/2", f'c=28MPs a 28 dias. Incluye (Transp/Sumin-Instal.) Para muros de tanque de almacenamiento				UN	M3
<b>MATERIALES</b>						
No. ITEM ó Codigo	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL	
108.008.031	Suministro - instalacion. Concreto resistencia 28 Mpa estructura/impermeabilizante	m3	252	\$ 770.168	\$ 194.082.336	
SUBTOTAL					\$ 194.082.336	
<b>EQUIPO - HERRAMIENTA</b>						
No. ITEM ó Codigo	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL	
	Fomaleta metalica para concretos hidraulicos	m2/dia	252	\$ 1.012	\$ 255.024	
	Martillo de bola de 2 Lb	UN	20	\$ 37.900	\$ 758.000	
	Taladro percutor hasta 3/4"	HR	24	\$ 2.737	\$ 65.688	
	Vibrador tipo aguja	Dia	2	\$ 22.372	\$ 44.744	
	Equipo de soldadura capacidad 225 AMP	Dia	4	\$ 38.900	\$ 155.600	
	Andamio certificado multidireccional	Dia	4	\$ 46.483	\$ 185.932	
	Sierra electrica	HR	24	\$ 1.561	\$ 37.464	
SUBTOTAL					\$ 1.502.452	
<b>MANO DE OBRA</b>						
No. ITEM ó Codigo	DESCRIPCION	UND	REND	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL
	Cuadrilla AA (1 Oficial + 1 Ayudante)	Dia	5,03	2	\$ 123.498,96	\$ 1.242.399,54
	Cuadrilla BB (1 Oficial + 2 Ayudante)	Dia	5,03	2	\$ 174.147,72	\$ 1.751.926,06
	Cuadrilla CC (2 Oficial + 2 Ayudante)	Dia	5,03	2	\$ 246.997,92	\$ 2.484.799,08
SUBTOTAL					\$ 5.479.124,68	
TOTAL					\$ 201.063.912,68	

*Tabla 12. Análisis de precio unitario para un metro cubico de concreto de 4000PSI impermeabilizado, incluye el suministro de formaleta del sistema 2, herramienta menor y mano de obra (EAAB, 2022)*

## 10. Matriz DOFA

En la siguiente matriz se evaluarán los tres sistemas con el fin de evidenciar las falencias y las cualidades que ofrecen, sus limitaciones y alcances en el campo de la ingeniería civil y sobre todo en proyectos de gran envergadura como la construcción de tanques de almacenamiento de agua potable de una red matriz.

MATRIZ DOFA	TIPO DE FORMALETA		
	(Sistema 1) PERI	(Sistema 2) FORMESAN	(Sistema 3) Uniplast
<b>DEBILIDADES</b>	Su precio es hasta 3 veces mas costoso en comparacion con la formaleta convencional del sistema 2	Menor manejabilidad de los paneles y accesorios debido a su peso y fabricacion en acero, no es recomendable para estructuras que requieran estar en contacto con liguídos debido a las filtraciones que se generan por los distanciadores que no se pueden recuperar.	Su precio es cinco veces mas costoso que el mismo sistema en madera
<b>OPORTUNIDADES</b>	Reutilizacion de paneles debido a que cuentan con una proteccion de pintura epoxica la cual evita la corrosion y desgaste. Esencial en estructuras que requieren la cualidad de impermeabilizacion como tanques, cuartos y camaras.	Excelente desempeño en proyectos de estructura vertical como edificios y camaras secas. Resistencia a la presion hidrostatica que ejerce el concreto durante la etapa de vaciado.	Las empresas hoy en dia tienden a ser socialmente responsables. Algunas entidades gubernamentales obligan a reemplazar los encofrados de madera.
<b>FORTALEZAS</b>	Mayor manejabilidad debido a su ligero peso y fabricacion en aluminio, asi mismo la modulacion que puede satisfacer necesidades de areas las cuales no cuentan con formas definidas	Posicionamiento y reconocimiento en el mercado nacional, ademas de la versatilidad en obras verticales.	Empresa mas importante de encofrados plasticos en Colombia y Venezuela
<b>AMENAZAS</b>	Desgaste del panel en madera por un mal uso de anti desmoldante previo a la instalacion de concreto.	Sufre de deformaciones como embonbamientos y protuberancias debido a un uso inadecuado de montaje y desmontaje, lo que disminuye su vida de uso.	Tiene un fuerte competidor con un 30% en colombia, adicional a esto la madera tiene una participacion en el mercado hoy en dia del 70%

*Tabla 13. Matriz DOFA de cada uno de los 3 sistemas de encofrados a evaluar*

## **11. Conclusiones**

Este trabajo tuvo como objetivo identificar las alternativas de formaleta para concretos convencionales y especiales con el fin de mitigar el riesgo que se presenta frente a patologías de corrosión debido a la exposición de acero utilizado en el momento de instalación de encofrado, con un análisis cualitativo se pudo determinar varios aspectos no solo de la formaleta, también del concreto y además del estado del clima en el que se desarrolla el proyecto.

Dentro de la variedad que ofrece el mercado en cuanto a concretos, se toma en consideración una mezcla auto compactante de 28MPa o 4000 PSI a 28 días, debido a que es esencial las características de manejabilidad que ofrece durante el proceso de vaciado de muros del tanque de almacenamiento garantizando su propia instalación especialmente en los nodos de la estructura, los cuales presentan alta densidad de acero, dificultando la tarea de cobertura total de la mezcla, sin dejar de garantizar la alta resistencia a la que se verá sometida la estructura en el momento de su funcionalidad .

Por otro lado, se evaluó los esfuerzos a los cuales se ven sometidos los encofrados, para lo cual fue necesario examinar las simulaciones realizadas en laboratorio y determinar el criterio clave para el diseño de un encofrado, así mismo la metodología utilizada en distanciadores, debido a que esta pieza en conjunto con el tablero es fundamental al reaccionar ante las tensiones que se generan en el vaciado del concreto.

Durante la instalación de concreto con un encofrado ya definido previamente, se pudo observar que el clima es circunstancial y es necesario contemplar las altas temperaturas debido a que estas son responsables de la pérdida de agua de la mezcla, ocasionando varias

consecuencias como la pérdida de la relación agua cemento y adicional la pérdida de la manejabilidad de la mezcla.

Es importante notar que, si se realiza una programación y ejecución detallada de cada una de las actividades considerando las pautas mencionadas, se podrá llegar a obtener un producto que se caracteriza por una vida útil más prologada, siendo este uno de los objetivos principales de todo proyecto.

## **12. Recomendaciones**

De acuerdo con las conclusiones, los profesionales deberían considerar los aspectos que generan un impacto negativo durante el desarrollo de actividades como la instalación de concreto para estructuras que van a estar sometidas a contactos con líquidos. Lo anterior debido a que hoy en día el mercado ofrece una gama muy amplia de encofrados con el fin de suplir necesidades como garantizar impermeabilidad, modelación de obras verticales u horizontales y en general.

Es pertinente mencionar que pueden existir más implicaciones y factores que deban estudiarse con el fin de determinar causas posibles de las patologías a las que se presentan los tanques de almacenamiento de agua potable. Por lo mismo los estudios a futuro podrían abordar y presentar un panorama que aborde los alcances y recursos con los que se cuentan.

Se sugiere a los profesionales recurrir a las herramientas y mecanismos de investigación que estén a su alcance, pues estos serán sus recursos para ampliar la diversidad de soluciones que se pueden plantear en situaciones a las que se ven expuestos.

De igual manera se recomienda realizar una trazabilidad de las actividades a ejecutar, una breve programación paso a paso con el fin de evaluar aspectos externos e internos que generan retrasos o impactos altamente negativos, ya que serán cruciales en el momento de la instalación del concreto. Al momento de proponer esta metodología de trabajo se puede establecer una descarga continua que no rebase los límites de carga sobre el encofrado sin generar una sobre limitación en la resistencia a la tensión a la cual se ve sometida la formaleta.

No obstante, el seguir estos pasos garantizara una correcta colocación de la mezcla, hay otras consideraciones a tener presente que se nombran a continuación. Se debe evitar:

- Retrasos en despachos de concreto
- Segregaciones
- Desperdicios

### 13. Referencias Bibliográficas

(MonografiasPlus, 2014) <https://www.monografias.com/docs/Definici%C3%B3n-del-concreto-P3CJVSUFJDG2Y>

EAAB, (2003). Norma NS-103..

<https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf>

EPM, (2018). Elementos estructurales en concreto.

[https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores\\_y\\_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC\\_MN\\_OC07\\_01\\_Concretos\\_compressed.pdf?ver=gtv8sHcoQ2HK\\_7MoyU43LQ%3D%3D](https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC_MN_OC07_01_Concretos_compressed.pdf?ver=gtv8sHcoQ2HK_7MoyU43LQ%3D%3D).

NSR 10, (2010). Título C - Concreto estructural.

[http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f\\_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10\\_Titulo\\_C.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_C.pdf)

NTC, (1997). Ingeniería civil y arquitectura

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4017/Anexo%208%20NTC-4026.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

Rajadell, JV. (2019). Comparación de los sistemas de transferencia para equipos de encofrado de revestimiento de túneles. Revista de obras públicas, 88.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/results/results.uri?src=s&sort=plf-f&st1=Encofrados&sid=3712a23e688c469227c0bfc5acff60be&sot=b&sdt=b&sl=25&s=TI>

[TLE-ABS-KEY%28Encofrados%29&cl=t&offset=1&ss=plf-f&ws=r-f&ps=r-f&cs=r-f&origin=patentresults&zone=queryBar&](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/results/results.uri?src=s&sort=plf-f&st1=Encofrados&sid=3712a23e688c469227c0bfc5acff60be&sot=b&sdt=b&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28Encofrados%29&cl=t&offset=1&ss=plf-f&ws=r-f&ps=r-f&cs=r-f&origin=patentresults&zone=queryBar&)

Torres, S. (2010). Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Nova, 14.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/results/results.uri?src=s&sort=plf-f&st1=Encofrados&sid=3712a23e688c469227c0bfc5acff60be&sot=b&sdt=b&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28Encofrados%29&cl=t&offset=1&ss=plf-f&ws=r-f&ps=r-f&cs=r-f&origin=patentresults&zone=queryBar&>

Valverde, A. (2014) Encofrados y estructuras auxiliares para la construcción de edificios en altura. Revista de Obras Públicas, 106

[https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-84899059221&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrados&sid=3712a23e688c469227c0bfc5acff60be&sot=b&sdt=b&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28Encofrados%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-84899059221&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrados&sid=3712a23e688c469227c0bfc5acff60be&sot=b&sdt=b&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28Encofrados%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

Santilli, A (2015). Influencia de la temperatura y el refuerzo del hormigon en el diseño de encofrados verticales. Construccion y materiales de construccion. 195

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-84928985921&origin=resultslist&sort=plf-f>

[f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&relpos=13&citeCnt=12&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060302640&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&relpos=13&citeCnt=12&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

Alvarado, RG. (2018). Nuevas formas para columnas de hormigón. Revista 180. 111

[https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060302640&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&relpos=10&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

[85060302640&origin=resultslist&sort=plf-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060302640&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&relpos=10&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

[f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&relpos=10&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0442326657&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

Vanhove, Y (2004). Predicción de la presión lateral ejercida por el hormigón auto compactante sobre el encofrado. Revista de investigación del hormigón. 62

[https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0442326657&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

[0442326657&origin=reflist&sort=plf-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0442326657&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

[f&src=s&st1=Encofrado&sid=9a5607dc43222613d324d20539551a28&sot=b&sdt=b&sl=14&s=ALL%28Encofrado%29&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0442285101&src=s&imp=t&sid=cff40da07feb59d74dede90c2df024dd&sot=cite&sdt=a&s)

Amziane, A (2004). Maduración de pasta de cemento fresca en encofrados de 1 a 10 m de largo. Investigación de cemento y concreto. 215

[https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0444307517&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-0442326657&refeid=2-s2.0-0442285101&src=s&imp=t&sid=cff40da07feb59d74dede90c2df024dd&sot=cite&sdt=a&s)

[0444307517&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-0442326657&refeid=2-s2.0-](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0444307517&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-0442326657&refeid=2-s2.0-0442285101&src=s&imp=t&sid=cff40da07feb59d74dede90c2df024dd&sot=cite&sdt=a&s)

[0442285101&src=s&imp=t&sid=cff40da07feb59d74dede90c2df024dd&sot=cite&sdt=a&s](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0442285101&src=s&imp=t&sid=cff40da07feb59d74dede90c2df024dd&sot=cite&sdt=a&s)

[l=0&relpos=4&citeCnt=21&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DET](#)

[AILS\\_EXPORT:1](#)

Bouharoun, S. (2013). Esfuerzo lateral del encofrado en el concreto súper plastificante.

Revista de ingeniería estructural, 69.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/results/results.uri?src=dm&sort=plf->

[f&st1=Encofrado&sid=7c5b66f14d0323c73d4d0bd07d5a669e&sot=b&sdt=b&sl=24&s=TI](#)

[TLE-ABS-KEY%28Encofrado%29&cl=t&offset=1&ss=plf-f&ws=r-f&ps=r-f&cs=r-](#)

[f&origin=resultslist&zone=queryBar](#)

Gamil, Y. (2021). Presión de encofrado lateral para concreto autocompactante: una revisión

de modelos de predicción y tecnologías de monitoreo. Materiales, 464.,

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0->

[85113692977&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-](#)

[84928985921&src=s&imp=t&sid=c0e2c07288a6d1b9a3110cf79ddca3a1&sot=cite&sdt=a](#)

[&sl=0&relpos=2&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DE](#)

[TAILS\\_EXPORT:1](#)

Assaad, JJ. (2018). Modelos de regresion para predecir la presion SCC ejercida en

encofrados que contienen barras de refuerzo verticales y transversales. Materiales y

estructuras, 62. <https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0->

[85046473129&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-](#)

[84928985921&src=s&imp=t&sid=c0e2c07288a6d1b9a3110cf79ddca3a1&sot=cite&sdt=a](#)

[&sl=0&relpos=7&citeCnt=14&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_D  
ETAILS\\_EXPORT:1](#)

Gowripalan, N (2021). Presion ejercida sobre el encofrado por el hormigon autocompactante: una revision. Casos de estudio de materiales de construccion, 563.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111584455&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85046473129&src=s&imp=t&sid=9b288d280502cf740f98d94c62c0d191&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=>

Philip, D. (1994). Presiones de encofrados en muros altos con hormigon fraguado extendido. Construcción de acero moderno. 34

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0028543391&origin=reflist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85046473129&src=s&imp=t&sid=9b288d280502cf740f98d94c62c0d191&sot=cite&sdt=a&sl=0>

Tait, J. (2017). Detalles de encofrado constructivo. Revista IMCYC (Instituto mexicano del concreto y cemento), 36. [https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0020705711&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Cimbra&sid=280860a225aee129bf0f47108fa098b9&sot=b&sdt=b&sl=21&](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-0020705711&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Cimbra&sid=280860a225aee129bf0f47108fa098b9&sot=b&sdt=b&sl=21&_TITLES_ABS_)

[\\_TITLES\\_ABS\\_](#)

[KEY%28Cimbra%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE](#)

[NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](#)

Cemex, (2014). Catalogo soluciones Cemex, 162.

<https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757403/catalogo-soluciones.pdf/ae4fba75-5a33-45f8-7aa9-1bbf44884736>

Liwa, (2011). Encofrado modular LIWA, 16.

[https://periencofradosyandamios.com/?gclid=CjwKCAjwrfCRBhAXEiwAnkmKmQRx1xQ2x4PVY5IL86sqXsrcloNgjE4c56wIrmVZD\\_iVpV9wxpechoC2I8QAvD\\_BwE](https://periencofradosyandamios.com/?gclid=CjwKCAjwrfCRBhAXEiwAnkmKmQRx1xQ2x4PVY5IL86sqXsrcloNgjE4c56wIrmVZD_iVpV9wxpechoC2I8QAvD_BwE)

Silva, O. (2020). Recomendaciones para diseño de tanques segun NSR-10. Argos, 2.

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/recomendaciones-para-construccion-de-tanques>

Rio, A. (2014). Catálogo de productos. Catalogo Acero PDR, 8.

[http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Productos/Documents/catalogo\\_acero\\_pdr.pdf](http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Productos/Documents/catalogo_acero_pdr.pdf)

Maxiacero, (2020). Maxiacero, 2. <https://www.maxiacero.com/aceros-estructurales.php>

Moreno, A. (2001). El fenomeno de la corrosion en estructuras de concreto reforzado.

Instituto mexicano del transporte, 88.

<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt182.pdf>

Patiño, J. (2021). Modelo de gestión de acceso al agua potable en la comunidad de la vereda charquira municipio carmen de carupa Cundinamarca. Universidad catolica de Colombia, 34.

<file:///C:/Users/Usuario%20Mv/Downloads/MODELO%20DE%20GESTION%20DE%20ACCESO%20AL%20AGUA%20POTABLE%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20DE%20LA%20VEREDA%20CHARQUIRA%20MUNICIPIO%20CARMEN%20DE%20CARUPA%20CUNDINAMARCA..pdf>

Tomas, R. (2019). Diseño Hidráulico de un Tanque de Succión, un Tanque de Regulación y Red, 23.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16385/2019jeffersonmartinez,%202019cristianherrera.pdf?sequence=1>

Agua, C. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 42.

<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>

Formesan, (2013). Encofrado metalicos para modelado de concreto, 30.

<http://www.formesan.com/catalogo.pdf>

Formesan, (2010). Guia practica para armar y desarmar, 26.

<http://www.formesan.com/instructivo.pdf>

Bogota, (2012). Resolución 238 de 2012 EAAB. Alcaldía de Bogotá.

[https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma\\_temas.jsp?i=47046](https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma_temas.jsp?i=47046)

El precio unitario, (2004). Análisis de precios unitarios.

<https://elpreciounitario.com/analisis-de-precios-unitarios/>

Nadarajah, P. (2021). Presión ejercida sobre el encofrado por el hormigón auto compactante a edades tempranas: una revisión. [Presión ejercida sobre el encofrado por el hormigón autocompactante a edades tempranas: una revisión - ScienceDirect](#)

Omran, A. (2014). Efecto de las características de la colocación en las variaciones de presión lateral SSC. [Efecto de las características de colocación en las variaciones de presión lateral SCC - ScienceDirect](#)

Seung, K. (2010). Modelo intrínseco para predecir la presión del encofrado.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-76249127735&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-84928985921&mltType>

Construcción, R. (2016). Análisis de velocidad de colada para la validación de modelos desarrollados para predecir la máxima presión lateral ejercida por el hormigón auto compactante sobre encofrados verticales.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-84963540070&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-84928985921&mltType>

Aci, D. (2018). Modelo de presión de encofrado para hormigón auto compactante utilizando firma de caída de presión.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85048630164&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-84928985921&mltType>

Civil, R. (2020). Características de tensión lateral del módulo de pared de estructura de acero ejercida por hormigón auto compactante. Revista iraní de ciencia y tecnología.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092175065&origin=resultslist&sort>

Construccion, R. (2017). Efecto de las barras de refuerzo verticales sobre la presión de encofrado de SCC que contiene agregados reciclados. Revista de ingeniería de la construccion. <https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85026907724&origin=resultslist&sort>

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85026907724&origin=resultslist&sort>

Investigacion, R. (2019). Estudio de presión de encofrado de muro bajo vibración ultra profunda. Revista de la investigación.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2063/record/display.uri?eid=2-s2.0-85062820274&origin=resultslist&sort>

Avalos, J. (2022). Impuestos a los dividendos y a las utilidades (IDU). DELOITTE, 1.

<https://www2.deloitte.com/py/es/pages/tax/articles/impuesto-dividendos-utilidades.html>

Cerebro, J. (2012). Encofrado de Hormigón.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071753074/chapter/chapter16#/c9780071753074ch16lev1sec05>

Peurifoy, R. (2018). Economía del encofrado.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9781260108804/toc-chapter/chapter20/section/section8>

Schexnayder, C. (2018). Diseño de encofrados

<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9781260108804/toc-chapter/chapter20/section/section4#/c9781260108804ch20lev2sec03>

Goswami, I. (2020). Encofrado para Hormigón.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9781260457223/chapter/chapter51#/c9781260457223ch506lev1sec04>

EAAB, (2022). Listado de precios del sistema de avaluo e infraestructura.

[1 ITEMS PRECIOS SAI Y PARTICULARES RECURRENTES 21\\_02\\_2022.pdf](#)