



## **APLICACIÓN DE MOLDAJES DE ALUMINIO EN OBRA**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:  
Shair Titado Molina

Profesor Guía:  
Alejandro Ossandón

Fecha:  
Octubre 2019  
Santiago, Chile

## **RESUMEN**

La presente memoria reúne información sobre la aplicación del moldaje de aluminio, para ello se busca el problema a solucionar respecto a la utilización de los moldajes utilizados para construir diversas estructuras de hormigón armado. Para esto, se toman en cuenta diversos aspectos, comenzando por la historia de cómo surgen, cuáles fueron las principales características que tenían los primeros moldajes y como fueron evolucionando a través de los años.

Luego, se detallan las partes principales que forman un moldaje para cada una de las estructuras en los que son más utilizados (muros, vigas, pilares y losas), y se describen todos los aspectos técnicos con que los moldajes deben cumplir con aspectos referidos a la seguridad, la calidad y la economía.

En el marco teórico se desarrolla la teoría donde se va fundamentar esta investigación, el cual se da a conocer: los sistemas de moldajes, los tipos, las partes, los moldajes según su forma de trabajo, además de mantención, los elementos de protección personal y la ubicación.

En el capítulo siguiente se da a conocer la metodología utilizada en esta investigación, en la cual se da un análisis de la problemática a explicar.

Y el último capítulo muestra los resultados de esta investigación dando la solución al problema. Una vez hecho esto, se establecen las ventajas y desventajas que tiene la aplicación de los moldajes de aluminio, un cuadro comparativo de los resultados obtenidos, la importancia que tienen los moldajes en la construcción.

Y se finaliza con las conclusiones y bibliografía, que se obtienen al realizar esta memoria, donde también se mencionan los principales aspectos que se deben tener en cuenta antes de seleccionar el o los tipos de moldajes que van a utilizar.

## **SUMMARY**

This report gathers information on the application of aluminum formwork, for this purpose, the problem to be solved with respect to the use of forms used to build various reinforced concrete structures is sought. For this, various aspects are taken into account, starting with the history of how they arose, what were the main characteristics that the first forms had and how they evolved over the years.

Then, the main parts that form a formwork for each of the structures in which they are most used (walls, beams, columns and slabs) are detailed, and all the technical aspects with which the forms must comply with aspects related to safety, quality and economy.

In the theoretical framework, the theory on which this research will be based is developed, which is disclosed: the formwork systems, the types, the parts, the forms according to the way of working, in addition to maintenance, the personal protection elements and the location.

In the next chapter, the methodology used in this research is presented, in which an analysis of the problem to be explained is given.

And the last chapter shows the results of this investigation giving the solution to the problem. Once this is done, the advantages and disadvantages of the application of aluminum forms are established, a comparative table of the results obtained, the importance of forms in construction.

And it ends with the conclusions and bibliography, which are obtained when making this report, where the main aspects that must be taken into account are also mentioned before selecting the type or types of forms that are going to be used.

## ÍNDICE

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                        | 9  |
| OBJETIVOS.....                                            | 10 |
| CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....               | 11 |
| 1.1. Planteamiento del Problema .....                     | 11 |
| 1.2. Justificación .....                                  | 12 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....                           | 13 |
| 2.1. Antecedentes Históricos.....                         | 13 |
| 2.2. Antecedentes de la Investigación .....               | 15 |
| 2.2.1. Empresa Forsa S.A .....                            | 15 |
| 2.3. Bases Teóricas .....                                 | 16 |
| 2.3.1. Sistema de Moldaje .....                           | 16 |
| 2.3.2. Características del Moldaje.....                   | 16 |
| 2.3.3. Tipos de Moldaje .....                             | 17 |
| 2.3.3.1. Uso .....                                        | 17 |
| 2.3.3.2. Material de Fabricación .....                    | 17 |
| 2.3.3.3. Forma de Trabajo .....                           | 17 |
| 2.3.4. Partes de un Moldaje .....                         | 18 |
| 2.3.4.1. Partes de un Moldaje de Muro .....               | 18 |
| 2.3.4.2. Partes de un Moldaje de Pilares y Columnas ..... | 19 |
| 2.3.4.3. Partes de un Moldaje de Viga .....               | 21 |
| 2.3.4.4. Partes de un Moldaje de Losa .....               | 22 |
| 2.3.4.4.1. Moldaje en Base a Vigas y Alzaprimas .....     | 22 |
| 2.3.4.4.2. Moldaje de Cimbra .....                        | 24 |
| 2.3.5. Moldajes Según Material de Construcción.....       | 27 |
| 2.3.5.1. Moldaje de madera .....                          | 27 |
| 2.3.5.2. Moldaje metálico.....                            | 27 |
| 2.3.5.3. Moldaje mixto .....                              | 27 |
| 2.3.5.4. Moldaje de otros Materiales.....                 | 27 |
| 2.3.6. Moldajes Según Formas de Trabajo .....             | 28 |
| 2.3.6.1. Moldaje Manuportable.....                        | 28 |
| 2.3.6.2. Moldaje Manejable solo con Grúas.....            | 29 |

|                                        |                                                                    |           |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.6.3.                               | Moldaje Autotrepante .....                                         | 30        |
| 2.3.6.4.                               | Moldaje Deslizante.....                                            | 31        |
| 2.3.6.5.                               | Moldaje Colaborante.....                                           | 32        |
| 2.3.6.5.1.                             | Moldaje en base a planchas metálicas.....                          | 32        |
| 2.3.6.5.2.                             | Moldaje en base a losetas.....                                     | 33        |
| 2.3.7.                                 | Desmoldantes.....                                                  | 33        |
| 2.3.8.                                 | Mantenición y Limpieza .....                                       | 33        |
| 2.3.9.                                 | Recomendaciones Generales de Prevención y Seguridad en Moldaje     | 34        |
| 2.3.9.1.                               | Recomendaciones Previas al Montaje.....                            | 34        |
| 2.3.9.1.1.                             | Criterios de Rechazo de Elementos.....                             | 34        |
| 2.3.9.2.                               | Recomendaciones Previas al Descimbre.....                          | 34        |
| 2.3.9.2.1.                             | Limitaciones de Montaje o de Descimbre por Condición Climática     | 35        |
| 2.3.9.3.                               | Recomendaciones Durante el Montaje .....                           | 35        |
| 2.3.9.4.                               | Recomendaciones para el Transito Sobre Moldajes de losa .....      | 35        |
| 2.3.9.5.                               | Recomendaciones para el Montaje y Trabajo sobre el moldaje de losa | 35        |
| 2.3.9.6.                               | Recomendaciones para el Descimbre.....                             | 35        |
| 2.3.9.7.                               | Recomendaciones para Trabajo Limpieza de Moldaje.....              | 36        |
| 2.3.9.7.1.                             | Manipulación y Aplicación de Desmoldante.....                      | 36        |
| 2.3.10.                                | Cubicación de Moldajes .....                                       | 38        |
| <b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b> |                                                                    | <b>39</b> |
| 3.1.                                   | Tipo y Diseño de la Investigación .....                            | 39        |
| 3.1.1.                                 | Tipo.....                                                          | 39        |
| 3.1.2.                                 | Diseño de la Investigación .....                                   | 40        |
| 3.2.                                   | Unidad de Investigación, Población y Muestra .....                 | 40        |
| 3.2.1.                                 | Unidad de Investigación .....                                      | 40        |
| 3.2.2.                                 | Población.....                                                     | 41        |
| 3.2.3.                                 | Muestra .....                                                      | 41        |
| 3.3.                                   | Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos .....              | 42        |
| 3.4.                                   | Diseño de los Instrumentos de Investigación .....                  | 43        |
| 4.1.                                   | Aplicación del Moldaje de Aluminio (Forsa, Chile).....             | 44        |
| 4.1.1.                                 | Almacenamiento Inicial E Inventario .....                          | 44        |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.2. Curado del Equipo .....                                         | 44 |
| 4.1.3. Herramientas Mínimas de los Armadores .....                     | 45 |
| 4.1.4. Herramienta General en Obra.....                                | 46 |
| 4.1.5. Estado de la Obra Antes de la Instalación del Moldaje.....      | 47 |
| 4.1.6. Proceso de Instalación .....                                    | 48 |
| 4.1.6.1. Primer Nivel.....                                             | 48 |
| 4.1.6.1.1. Sótanos .....                                               | 48 |
| 4.1.6.1.2. Cimentación .....                                           | 48 |
| 4.1.6.2. Instalación de Muros.....                                     | 49 |
| 4.1.6.2.1. Secuencia de Instalación de Muros.....                      | 49 |
| 4.1.6.2.2. Secuencia de Instalación Paso 2 .....                       | 50 |
| 4.1.6.2.3. Secuencia de Instalación Paso 3 .....                       | 50 |
| 4.1.6.2.4. Marco de Puertas y Ventanas .....                           | 50 |
| 4.1.6.2.5. Alineación Horizontal .....                                 | 50 |
| 4.1.6.3. Instalación de Losas .....                                    | 51 |
| 4.1.6.3.1. Secuencia de Instalación de losas.....                      | 51 |
| 4.1.6.3.2. Vaciado del Concreto .....                                  | 51 |
| 4.1.6.3.3. Desmontaje.....                                             | 52 |
| 4.1.6.4. Armados en Altura.....                                        | 52 |
| 4.1.6.5. Recomendaciones para el Armado en Altura.....                 | 53 |
| 4.1.7. Mantenimiento de Limpieza del Molde.....                        | 54 |
| 4.1.8. Características de los Moldajes de Aluminio.....                | 54 |
| 4.2. Moldaje o Encofrado Aluminio - Forsa Alum.....                    | 54 |
| 4.3. Moldaje o Encofrado de Aluminio – Forsa Plus .....                | 55 |
| 4.4. Fortalezas y Debilidades del Moldaje Aluminio.....                | 56 |
| 4.4.1. Fortalezas .....                                                | 56 |
| 4.5. Comparación Entre Moldaje Tradicional y Moldaje de Aluminio ..... | 57 |
| 4.6. Análisis de la Importancia de Los Moldajes.....                   | 58 |
| CONCLUSIONES.....                                                      | 59 |
| BIBLIOGRAFIA.....                                                      | 61 |

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración N°1: Partes de un Moldaje de Muro .....                        | 19 |
| Ilustración N°2: Partes de un Moldaje de Pilares y Columnas .....          | 20 |
| Ilustración N°3: Partes de un Moldaje de Viga.....                         | 22 |
| Ilustración N°4: Partes Moldaje de Losa en Base a Vigas y Alzaprimas ..... | 24 |
| Ilustración N°5: Partes de un Moldaje de Cimbra .....                      | 26 |
| Ilustración N°6: Moldaje Manuportable .....                                | 28 |
| Ilustración N°7: Moldaje Manejable solo con Grúas.....                     | 29 |
| Ilustración N°8: Moldaje Autotrepante.....                                 | 30 |
| Ilustración N°9: Moldaje Deslizante.....                                   | 31 |
| Ilustración N°10: Moldaje en Base a Planchas Metálicas.....                | 32 |
| Ilustración N°11: Herramientas Armadores.....                              | 45 |

## **ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Tabla N°1: Población .....                     | 41 |
| Tabla N°2: Marco Muestral .....                | 42 |
| Tabla N°3: Cuadro Comparativo de Moldajes..... | 57 |

SOLO USO ACADÉMICO

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas han marcado la pauta en el aumento de la eficiencia de los procesos productivos. La construcción de edificios es un área que no ha quedado ajena a este avance, teniendo en la partida correspondiente a los moldajes una mayor innovación.

La necesidad de aumentar la productividad en obra y mejorar los estándares de seguridad ayudó a que poco a poco se instalaran los sistemas industrializados de moldajes, con la consiguiente profesionalización del área. De esta forma, aparece una serie de materiales que brindan mayor resistencia y durabilidad, permitiendo reutilizar cada una de las partes y obtener mejores terminaciones en el hormigón. Se trata de sistemas de aluminio, con el cual es posible hacer frente a cualquier tipo de requerimiento de forma de los proyectos.

Los moldajes o encofrados de aluminio tienen larga vida útil, mano portables, ofrecen precisión dimensional, entregando flexibilidad en su diseño (lograr moldes sin limitaciones arquitectónicas), con excelente acople entre piezas, permitiendo fundir monolíticamente los elementos verticales (columnas y muros) y los horizontales (losas y vigas), alcanzando una durabilidad de sus caras de contacto de más de 1.500 usos y una alta adaptabilidad (lograr modificaciones de un encofrado inicial, a un bajo costo).

La virtud de modurable de estos moldajes de la empresa FORSA, Forsa Alum y Forsa Plus contempla inclusive hacer ajustes durante su operación, convirtiéndose en un encofrado dinámico que brindará solución a cualquier cambio o modificación que se de en sitio. Las secuencias de armado con los encofrados son simples y repetitivas, lo que genera la nemotecnia deseada de quienes operan estos sistemas, con el único fin de recortar los tiempos y movimientos del encofrado.

Es por ello que la finalidad del estudio a realizar durante este trabajo es entregar la información necesaria para entender cómo funciona la aplicación de moldaje de aluminio, en comparación a otros tipos de moldajes, permitiendo así discernir porque es necesario promover la aplicación de este moldaje y cuáles son sus fortalezas y debilidades.

## **OBJETIVOS**

### **❖ Objetivo General**

- Promover el uso de los moldajes de aluminio en la obra conociendo sus fortalezas y debilidades.

### **❖ Objetivos Específicos**

- Conocer las características que llevan a ocupar el moldaje de aluminio en cuanto a sus propiedades de armado en terreno su transportabilidad y optimas terminaciones.
- Comparar el moldaje de aluminio con otros tipos de moldaje de condiciones similares
- Analizar el uso del moldaje de aluminio y la importancia de su adquisición para las empresas.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Los problemas frecuentes en el uso de sistemas tradicionales en el moldaje o encofrado generan actualmente más gastos que los gastos que se tienen presupuestados originalmente.

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

Los Nidos son producidos por un mal vibrado que genera una mala compactación del hormigón fresco, lo que obtiene como resultado sectores sin hormigón que son revelados al momento de descimbrar el encofrado.

Otro factor que puede provocar este problema es el escape de agua, mortero o lechada a través de juntas mal selladas. La lechada que se pierde por escape es reemplazada por cerca de 8 veces su volumen en burbujas de aire, creando así grades bolsas de aire, cambios de color y áridos expuestos en la superficie del hormigón.

Este problema es de mayor gravedad cuando el acabado de la construcción es de hormigón arquitectónico a la vista, ya que, se deteriora la imagen del muro aún si son reparados.

La capacitación de los trabajadores es sin duda la mejor manera de evitar que ocurran este tipo de problemas, logrando que la colocación del hormigón sea efectuada por capas rellenando así todos los sectores del molde. Si se quiere tener una mayor seguridad de que el llenado quede correcto, se pueden utilizar plastificantes que aumentan la fluidez del material sin afectar su resistencia. Sin embargo, las empresas prefieren contratar a personas con experiencia en el rubro.

El poco recubrimiento es otro de los problemas, denominado calugas son las encargadas de asegurar un recubrimiento mínimo en los muros de hormigón. Si estos separadores no están colocados uniformemente en la armadura del muro, al momento de descimbrar, estas quedan a la vista o se caen pedazos de hormigón que hacen que queden expuestas.

Los poros e también perjudican a el hormigón estos huecos pequeños que quedan en la superficie del hormigón producto de burbujas de aire que quedan atrapadas durante su fraguado. Esto empeora la superficie vista y aumenta el trabajo en las terminaciones. Para evitar este problema hay que asegurar un correcto vibrado para obtener una buena compactación. Si es necesario, se puede utilizar un vibrador con mayor frecuencia. Un error típico es usar capas de desmoldante muy gruesas en la cara de contacto de los moldes, ya que las burbujas presentes en este producto se adhieren a la superficie del hormigón,

generando el mismo problema explicado anteriormente. Luego, para lograr una superficie sin poros, además de ser cuidadoso con el vibrado, el desmoldante se debe aplicar con un aspersor en capas finas menores a 0.05 [mm].

Las fisuras en el hormigón son otro gasto extra, estas pueden ser producidas por variaciones de su volumen ya sea por una retracción hidráulica producto de la humedad o por retracción térmica producto de la temperatura. Para prevenirlas se debe asegurar un buen curado del hormigón manteniéndolo mojado con agua o cubierto con membranas de curado durante todo su proceso.

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

## **1.2. Justificación**

En la presente década, se ha producido un rápido crecimiento de la población. La falta de espacios en las zonas residenciales para abastecer la demanda ha producido un aumento en la edificación en altura, manteniendo a la ciudad en un constante proceso de renovación.

La alta demanda por parte de la población, se ha comportado de forma exponencial con la inversión en lo que a edificación habitacional se refiere, lo que ha generado la activación de una gran cantidad de empresas dedicadas al rubro, y, por ende, una fuerte competencia en el mercado.

Es esta competencia, la que ha llevado a las grandes empresas constructoras, independiente su rubro, (minería, industrial, comercial o habitacional), a destinar variados recursos y promover estudios detallados de cada una de las ramas que componen una obra en construcción, debido a esto, las empresas requieren acelerar los procesos constructivos y es ahí donde los moldajes juegan un rol fundamental en los proyectos. Día a día se capacita y especializa la mano de obra, se mejoran las soluciones tradicionales y aun así se debe aumentar la productividad de cada proceso, y para esto, el mercado hoy en día ofrece una vasta variedad de materiales livianos, aluminio, reciclado, acero, manu portables y flexibles, siendo estos los llamados a liderar, en el corto plazo, los proyectos en Chile.

Con la nueva innovación del Moldaje de Aluminio, se quiere resolver las problemáticas que generan los moldajes tradicionales, ya que, optimiza los tiempos de ejecución y aminorar los plazos de obra, abaratar los costos de mano de obra y maquinaria.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Históricos

El hormigón en la construcción es probablemente una de las mayores tendencias de la arquitectura del siglo XX. Simplemente, el concreto está compuesto por una combinación de materiales mezclados con agua, que cuando se solidifica obtiene la forma del recipiente donde estaba depositado.

A partir de esto, la reutilización de moldajes o encofrados ha sido utilizada ampliamente para replicar y controlar la producción de piezas o de edificios de hormigón. Los arquitectos y diseñadores han propuesto diferentes tipos de moldes y técnicas para llevar hasta el límite las potencialidades de este material.

En 1899, Thomas Alva Edison fundó una empresa que producía cemento Portland de alta calidad. Buscó varias formas de utilizar el material para producir diferentes objetos: heladeras, pianos y, especialmente, casas enteras.

En la década de 1910, él consiguió producir algunos prototipos de casas en los cuales este material fue ejecutado en un hormigón único. Sin embargo, el montaje de los moldes era demasiado complejo, lo que implicaba una cantidad brutal de piezas (superior a 2300 unidades). En consecuencia, fueron pocas las casas construidas a través de este método. Edison buscaba un sistema constructivo que pudiera ser fácilmente replicado para alcanzar un modelo de producción en masa y con ello, vender más concreto. Su "fracaso" no se debió al material, sino a su sistema constructivo. (Jiménez Moreno, P, 2018).

Durante los años 60, 70 y 80, la Unión Soviética experimentó un desarrollo brutal en términos urbanísticos. Ciudades y edificios enteros eran diseñados en oficinas centrales y construidos en todo el territorio soviético. Se desarrollaron paneles estandarizados que podían estar dispuestos de diferentes formas para construir edificios de varios pisos. Podemos encontrar ejemplos en varios puntos de Europa (como el Karl Marx Straße en Magdeburg y Berlín). La ciudad de Tashkent puede destacarse como el mejor ejemplo para observar los diferentes tipos y posibles combinaciones de estos paneles de hormigón, incluyendo en algunos casos patrones decorativos.

En los años 60, los arquitectos cubanos Mercedes Álvarez y Hugo D'acosta diseñaron algunos prototipos de unidades habitacionales, con módulos de paredes exteriores en los cuales el mobiliario y los componentes de las ventanas estaban integrados en los propios módulos de hormigón. Estos prototipos presentaban deficiencias en el drenaje del agua de lluvia y su forma difícilmente se encuadraba en el contexto urbano cubano. Como respuesta a estos problemas, el gobierno cubano optó por la utilización de otro sistema constructivo de paneles de hormigón, semejante al sistema Multiflex, en un enfoque más próximo al caso soviético. Estos paneles se mostraron más prácticos y más eficaces para responder a las necesidades de ese contexto.

Hasta 1967, el arquitecto israelo-canadiense Moshe Safdie concibió con éxito módulos de hormigón tridimensionales. Hábitat 67, es uno de los proyectos de culto más aclamados en el mundo de la arquitectura, probablemente gracias a su estética monocromática y a la combinación compleja de módulos. Este proyecto se basa en una lógica de concepción de modularidad que funciona en sí mismo como un manifiesto arquitectónico. Safdie abrió la puerta para el diseño modular de hormigón e hizo que los sistemas de panel fueran vistos como algo superado.

El sistema del moldaje o encofrado de aluminio fue desarrollado a finales de la década de 1970 por el ingeniero canadiense W.J. Malone, como un sistema para la construcción de viviendas de bajo costo en los países en desarrollo. Las viviendas debían construirse con hormigón colado in situ, con los muros de carga y forjados formados con paneles de aluminio. Para ser usado centenares de veces, usando un diseño repetitivo, el sistema de encofrado de aluminio aseguró un método de construcción rápido y económico.

Se construyeron 1200 viviendas en Egipto, seguido de 1500 unidades en Iraq el último proyecto estableció récords en velocidad y calidad de construcción a un bajo costo.

El encofrado de aluminio llegó a Malasia para poder cumplir con las exigencias legales y tuvo que ser rediseñado para poder construirse pilares y vigas, hasta su introducción en Malasia, el encofrado ya había sufrido una evolución grandiosa siendo ocupado en escaleras, balcones y elementos decorativos. (Strog Forms. 2018)

La expansión del sistema de encofrado de aluminio fue inmediata, utilizándose con éxito en diferentes países como Egipto, Hong Kong, India, Indonesia, Iraq, Malasia, Filipinas, Seychelles, Singapur, Corea del Sur, Taiwán y Tailandia. Estos proyectos fueron una combinación de viviendas de bajo costo, viviendas en altura y bajo costo, condominios de cinco estrellas, diseño de muros de carga y diseño de columnas y vigas.

Tradicionalmente, el concreto ha sido moldeado con la madera y otros materiales rígidos. Los estudiantes de la Escuela de Arquitectura y Arquitectura del Paisaje, orientados por Mark West y Remo Pedreschi, están explorando procesos de hormigón utilizando materiales flexibles. Usan tejidos y plásticos elásticos para permitir que el concreto dé forma a su propio molde, originando configuraciones imprevisibles, jugando con el concepto de control y la pérdida de éste. Este tipo de hormigón con materiales flexibles origina formas orgánicas, en que todas las piezas quedan diferentes, aunque hayan sido producidas de forma homogénea. Este proceso no deja de ser prefabricación, aunque produciendo resultados flexibles, enfatizando las características físicas del concreto.

El concreto sigue siendo un material de construcción fundamental e incluso considerando que esta materialidad se mantiene constante a lo largo del tiempo, sus límites (de forma y de uso), están muy lejos de haber sido completamente explorados. Por otra parte, la historia ha venido a demostrar que la construcción en este material es mayoritariamente determinada por su modelado, por lo que las técnicas de hormigón desempeñan un papel tan relevante como el propio concreto.

## **2.2. Antecedentes de la Investigación**

### **2.2.1. Empresa Forsa S.A**

En 1995, nace una empresa con decisiones determinantes para el éxito. Un grupo de ingenieros y empresarios colombianos, decidieron desarrollar una idea de negocio que revolucionó la construcción de viviendas para hacerla más práctica y rentable.

- Guatemala: En 1998 Forsa inicia su proceso de internacionalización
- En 1999: Forsa contribuye a la reconstrucción de la ciudad de Armenia.
- En el 2001 Forsa asume un nuevo desafío
- Proyectos de gran envergadura en Centro América y Caribe
- Entre 2004 y 2007 Forsa entra como pionero en Brasil
- En el 2012: Forsa transformó su proceso de fabricación
- En el 2014: Forsa fomenta la innovación a través del Design Thinking

Forsa es una compañía que ofrece soluciones integrales con diferentes sistemas de encofrados (cimbras / moldajes / formaletas), sistemas de andamios multidireccionales y soluciones especiales de ingeniería, para la construcción de edificaciones y obras de infraestructura en más de 30 países donde hacemos presencia.

#### **Misión:**

Ofrecemos soluciones constructivas, soportadas en un excelente servicio e innovación, para desarrollar proyectos en menor tiempo, con alta rentabilidad, fundamentadas en una estrecha relación con nuestro grupo de interés.

#### **Visión:**

Forsa continuará desarrollando y aportando soluciones eficientes para la construcción en los mercados: americano, africano y asiático, a través de nuestro reconocido liderazgo en servicio e innovación.

#### **Política de Calidad:**

Satisfacer las necesidades de los Clientes entregando oportunamente un sistema constructivo versátil y ágil, con el acompañamiento en la consecución y ejecución de sus proyectos soportados en el crecimiento y desarrollo de nuestro talento humano, garantizando a través de la cultura del mejoramiento continuo el cumplimiento de los requisitos de nuestros accionistas, colaboradores, proveedores y la comunidad.

#### **Política de Seguridad:**

FORSA S.A ejerce un compromiso permanente con sus Clientes al preservar sus productos libres de contaminación, realizando evaluación del riesgo orientada a asegurar actividades de los procesos directos o indirectos (contratados a través de un asociado de negocio), a lo largo de la cadena de suministro Internacional. Dicha política tiene establecidos objetivos, metas y programas de gestión de la seguridad.

## **2.3. Bases Teóricas**

### **2.3.1. Sistema de Moldaje**

Un sistema de moldaje es un conjunto de elementos dispuestos de forma tal que cumple con la función de moldear el hormigón fresco a la forma y tamaño especificado, controlando su posición y alineamiento dentro de las tolerancias exigidas.

Es una estructura temporal que soporta la carga propia, del hormigón fresco y de las sobrecargas de personas, equipos y otros elementos que se especifiquen. (CChC, 2016).

### **2.3.2. Características del Moldaje**

Es importante indicar que todo el proceso que involucra el trabajo con moldajes debe ser planificado, no es conveniente dejar a la improvisación el moldaje. El diseño de encofrados ha de ser de tal forma que resulte ser práctico y económico en su preparación.

En general el moldaje se divide en dos partes importantes: Molde y Apuntalamiento, (Igoa, J.M, 2001).

#### **Apuntalamiento**

Es el soporte del molde, es el que debe resistir las solicitaciones del hormigón fresco, estas pueden ser verticales como en las losas y vigas u horizontales y también diagonales, si se esta moldeando un muro. Como elemento resistente del conjunto, este debe tener la máxima seguridad contra asentamientos verticales y desplazamientos horizontales.

Estos deben tener la resistencia suficiente para soportar, además de su peso propio, el de las armaduras, la presión del hormigón fresco, el equipo de construcción, eventuales acumulaciones de materiales, golpes e impactos de trabajo y los trabajadores que deban transitar sobre él. Deben ser rígidos para no deformarse. Estos trabajan principalmente a compresión.

#### **Molde**

Es lo que recibe finalmente el hormigón, es el que le da definitivamente la forma a este.

Estos también deben ser lo suficientemente rígidos para no deformarse y cambiar la forma del elemento. Deben ser estancos para evitar el derramamiento de la lechada del hormigón. Las superficies deben ser lo más lisas posibles o como se requiera.

El diseño del moldaje debe permitir el descimbre sin dañar ni al hormigón ni al propio moldaje.

Los moldajes sean del material que sean tienen elementos en común, como los tableros, las alzaprimas, las diagonales y otros más pequeños como cuñas y esquineros.

La etapa de colocación de los moldajes es la que requiere generalmente más tiempo.

Algo muy importante a considerar en el uso de cualquier moldaje es la presión que ejerce el hormigón cuando está fresco, esta se puede comparar con la de un líquido de densidad  $2,4 \text{ t/m}^3$ , además de las vibraciones que se producen con el vibrador de inmersión, lo que puede afectar seriamente a la estabilidad del moldaje. Se estima que el uso del vibrador aumenta la presión en un 20%.

### **2.3.3. Tipos de Moldaje**

Los moldajes se pueden clasificar según su (Constructora BBH, 2013):

#### **2.3.3.1. Uso**

- Moldaje de Muro.
- Moldaje de Pilares.
- Moldaje de Vigas.
- Moldaje de Losas.
- Moldaje de Forma.

#### **2.3.3.2. Material de Fabricación**

- Moldaje de Madera.
- Moldaje Metálico.
- Moldaje Mixto.
- Moldaje de Otros Materiales.

#### **2.3.3.3. Forma de Trabajo**

- Moldaje Manuportable.
- Moldaje Manejable solo con Grúas.

- Moldaje Autotrepante.
- Moldaje Deslizante.
- Moldaje Colaborante.

#### 2.3.4. Partes de un Moldaje

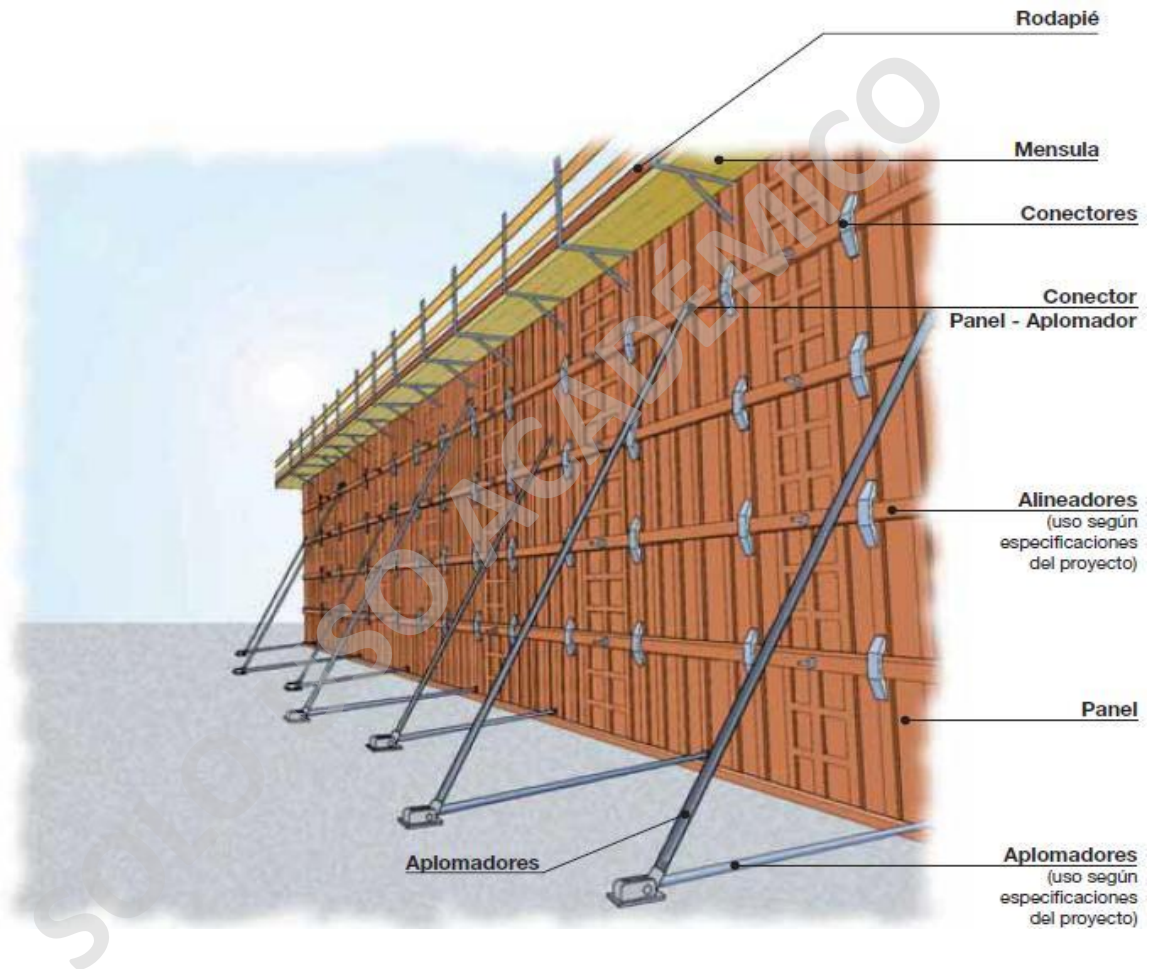
Es lo que constituye el moldaje para dar estructura definitiva y firmeza, (Solminhact, H & Thenouxz, G, 2011).

##### 2.3.4.1. Partes de un Moldaje de Muro

- **Panel**  
Es una unidad que forma parte de una cara del moldaje, que es estructural- mente autosuficiente y no requiere de refuerzos.
- **Conectores**  
Son elementos de unión de paneles que dan forma a un moldaje, son metáli- cos de fácil colocación y retiro.
- **Separadores**  
El separador es un elemento dimensionado, cuya función es mantener el espe- sor del muro previo al hormigonado.
- **Tensores**  
Son elementos formados por una barra de fierro con fijaciones en sus extremos, cuya función es mantener la estabilidad de las caras del moldaje durante el llenado de los muros, garantizando su espesor.
- **Alineadores**  
Son elementos cuya función es alinear los distintos paneles y garantizar la continuidad en la unión de los paneles del moldaje.
- **Aplomadores**  
Son elementos que se unen a los paneles, cuya función es aplomar el moldaje mediante un sistema regulable (mantener la posición determinada en el proyecto).
- **Ménsula de trabajo**  
Plataforma montada en los paneles de muro que genera una superficie de trabajo que consta de piso, barandas y rodapié.

- **Elementos fungibles**  
Corresponden a conos, tapones y separadores plásticos.

Ilustración N°1: Partes de un Moldaje de Muro



Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

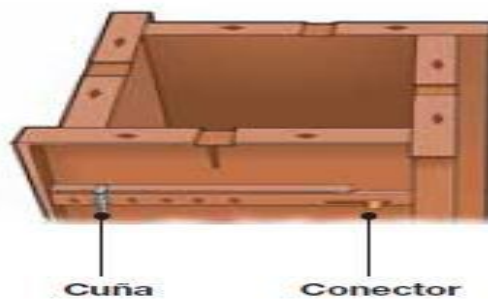
#### 2.3.4.2. Partes de un Moldaje de Pilares y Columnas

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

Estos paneles tienen la opción de ajustarse a distintas medidas dentro del rango para el que fueron diseñados.

- **Cuñas**  
Elementos metálicos cuya función es unir las caras del moldaje.
- **Conector**  
Elemento metálico cuya función es unir dos paneles en vertical.
- **Aplomadores**  
Son elementos que se unen a los paneles, cuya función es aplomar el moldaje mediante un sistema regulable (mantener la posición determinada en el proyecto).
- **Elementos fungibles**  
Corresponden a conos y tapones.

Ilustración N°2: Partes de un Moldaje de Pilares y Columnas

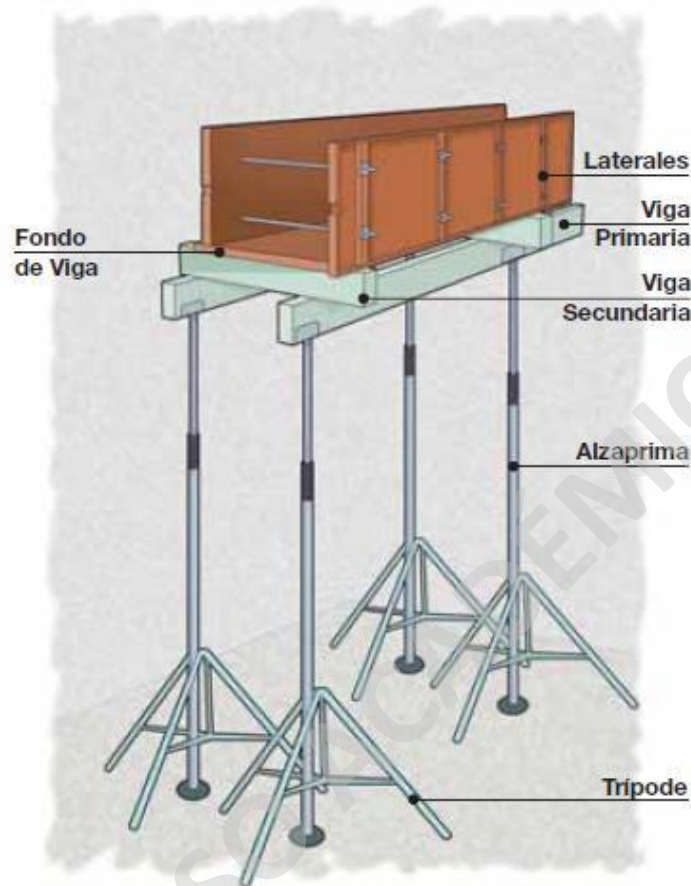


Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

#### 2.3.4.3. Partes de un Moldaje de Viga

- **Fondo de viga**  
Elemento horizontal que se apoya sobre vigas, en el que se montan los laterales de la viga.
- **Laterales**  
Elementos verticales que confinan la viga. Pueden tener separadores, tensores y alineadores para mantener la geometría de la viga durante el hormigonado.
- **Viga de soporte**  
Son las vigas que se montan sobre los cabezales de las alzaprimas y son el soporte del fondo de viga.
- **Alzaprima**  
Elemento vertical compuesto por tubos, de altura regulable que sirve de apoyo a las vigas de soporte del fondo de viga. Su función, además, es transmitir al suelo las cargas que se generan sobre el moldaje de viga previo, durante y posterior al proceso de hormigonado.
- **Trípode**  
Elemento metálico de tres patas, cuya función es mantener vertical la alzaprima.

Ilustración N°3: Partes de un Moldaje de Viga



Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

#### 2.3.4.4. Partes de un Moldaje de Losa

##### 2.3.4.4.1. Moldaje en Base a Vigas y Alzaprimas

Este moldaje de losas está formado por vigas metálicas o de madera, según el proveedor y alzaprimas metálicas.

- **Placa**

Las placas forman la superficie del moldaje de losa, éstas son de terciado, plásticos o metálicas.

- **Vigas secundarias**  
Son vigas que están montadas sobre las vigas primarias, son perpendiculares a éstas y sobre ellas se apoya la placa.
- **Vigas primarias**  
Son las vigas que se montan sobre los cabezales de las alzaprimas y son la base de las vigas secundarias.
- **Alzaprima**  
Elemento vertical de altura regulable que sirve de apoyo a las vigas primarias de un moldaje de losa a través de sus cabezales, y así transmite al suelo las cargas que se generan sobre el moldaje de losa previo, durante y posterior al proceso de hormigonado. Estos elementos trabajan a la compresión.
- **Trípode**  
Elemento metálico de tres patas, cuya función es mantener vertical la alzaprima durante el período de montaje del moldaje de losa.
- **Solera**  
Elemento de apoyo de la placa fijado al muro, éste puede ser un moldaje angosto o una solera de madera.
- **Rebalse**  
Moldaje que se instala en los contornos de la losa, cuya función es confinar el hormigón durante el proceso de hormigonado.
- **Plataforma de contorno**  
Superficie del moldaje fuera de la línea del contorno del edificio, montada como extensión del sistema, que cumple la finalidad de generar una superficie de trabajo segura, ésta deberá ser de al menos 70 cms. de ancho e indicar claramente la carga de trabajo.
- **Baranda de contorno**  
Elemento formado por apoyos verticales fijados a las vigas, en las que se montan barandillas o tubos, éstas se deberán instalar en doble altura (45 y 90 cms.) y contar con un rodapié.

Ilustración N°4: Partes Moldaje de Losa en Base a Vigas y Alzaprimas



Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

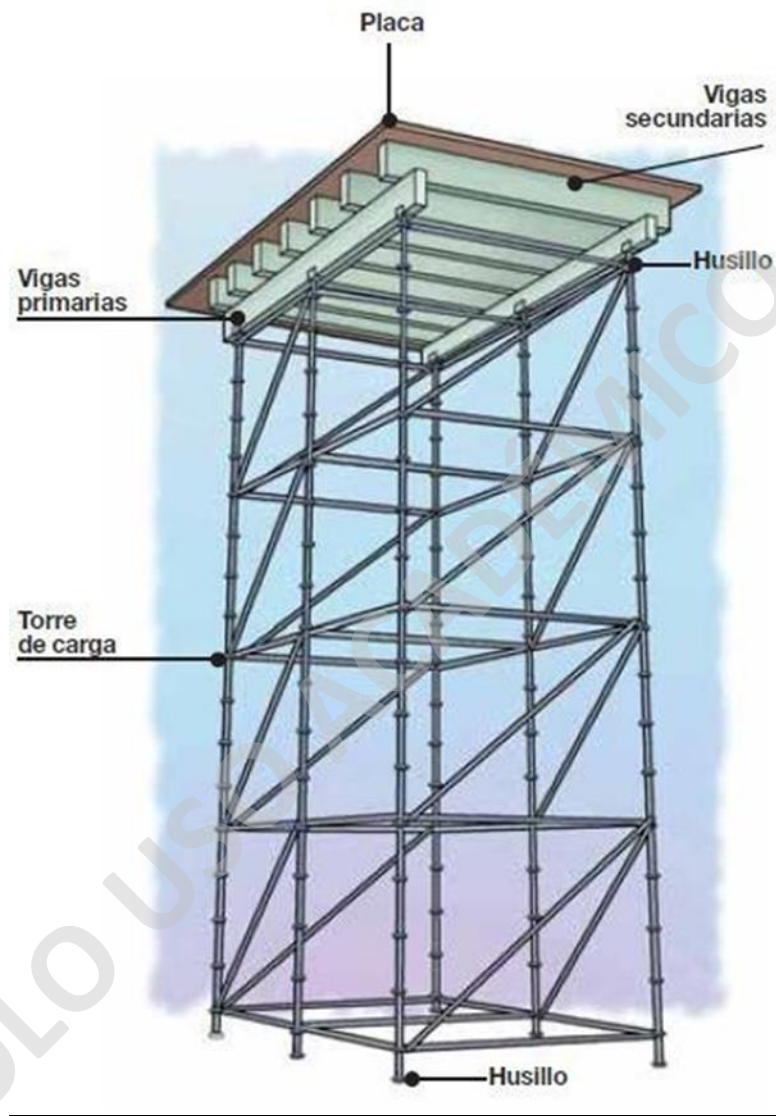
#### 2.3.4.4.2. Moldaje de Cimbra

Este moldaje se utiliza tanto para losas como vigas ubicadas a grandes alturas del piso de apoyo. Está formado por torres de cargas y vigas de soporte de las placas de losas o fondos de vigas.

- **Placa**  
Las placas forman la superficie del moldaje de losa, éstas son de terciado plásticas o metálicas.
- **Vigas**  
Son vigas que están montadas sobre la torre de carga.

- **Torres de carga**  
Elementos que se montan uno sobre otro hasta alcanzar la altura del proyecto, formando mesas de apoyo de fondos de viga o placas de moldaje de losa, y así transmite al suelo las cargas que se generan sobre el moldaje de losa o vigas previo, durante y posterior al proceso de hormigonado.
- **Husillos**  
Las torres de carga en su parte inferior y/o superior cuentan con husillos que permiten nivelar y regular la altura de la torre, además de lograr un buen apoyo al piso.
- **Solera**  
Elemento de apoyo de la placa fijado al muro, éste puede ser un moldaje angosto o una solera de madera.
- **Rebalse**  
Moldaje que se instala en los contornos de la losa, cuya función es confinar el hormigón durante el proceso de hormigonado.
- **Plataforma de contorno**  
Superficie del moldaje fuera de la línea del contorno del edificio, montada como extensión del sistema, que cumple la finalidad de generar una superficie de trabajo segura, ésta deberá ser de al menos 70 cms. de ancho. En el caso de este tipo de moldaje, la plataforma se genera sobre una parte de la torre de carga o en una torre adicional.
- **Baranda de contorno**  
Elemento formado por apoyos verticales fijados a las vigas, en las que se montan barandillas o tubos; éstas se deberán instalar en doble altura (45 y 90 cms.) y contar con un rodapié.

Ilustración N°5: Partes de un Moldaje de Cimbra



Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

### **2.3.5. Moldajes Según Material de Construcción**

#### **2.3.5.1. Moldaje de madera**

Es el típico moldaje que conocemos y hemos visto en las obras de mediana envergadura. Este es de madera y es realizado por los carpinteros en la obra. (CChC, 2016).

Su principal característica es que está hecho a la medida de cada elemento que lo necesite. Para este tipo de moldaje se puede usar cualquier tipo de madera devastada, sana, curada y sin nudos. No es conveniente usar madera verde, porque estas son más fáciles de deformarse.

#### **2.3.5.2. Moldaje metálico**

Como su nombre lo indica este moldaje es metálico, sus tableros están conformados por bastidores y placas metálicas. En general todos los elementos adicionales que traen, andamios, escalerillas, puntales, etc. Son metálicos.

Entre sus ventajas: Es muy rápido de instalar, el tipo de placa lisa que lo forma deja el parámetro de forma que no necesita estuco o si llegara a necesitar asta es muy poca carga generando un ahorro económico, disminuye la cantidad de basura que se encuentra en las obras, etc.

Entre sus desventajas: La más importante es el costo inicial de estos, pero a pesar de lo elevado que es se puede compensar si pensamos que se le puede dar hasta 100 usos, e incluso se les ha llegado a dar 400. También existe la posibilidad de arrendarlos.

#### **2.3.5.3. Moldaje mixto**

Llamamos mixtos a los que tienen armazón de acero y tablero de madera, estos generalmente son más económicos que los metálicos, ya que la madera abarata los costos generales del moldaje, en comparación con los metálicos.

La madera que se ocupa en estos moldes comúnmente es madera tratada, puede ser prensada. Se afirma al armazón de acero con tornillos.

#### **2.3.5.4. Moldaje de otros Materiales**

Un ejemplo puede ser el moldaje Donath, el cual es hecho en obra y es de madera, lo que lo diferencia con un moldaje tradicional es que es trabajado sobre la base de un tablero tipo con dimensiones estándar.

El tablero está compuesto por cuatro tablas de 1x6", con estas tablas formamos las dimensiones requeridas de este tablero, los 60 centímetros de ancho y los 120 centímetros de largo.

Además, están los travesaños que sirven a la vez para rigidizar el moldaje y afirmar las tablas del molde. Estos travesaños son tablas de 1x3", los cuales pueden ser cambiados por listones de 2x2".

### **2.3.6. Moldajes Según Formas de Trabajo**

#### **2.3.6.1. Moldaje Manuportable**

Moldaje de muros, vigas, pilares o losas que se montan, descimbran y transportan a mano, sin necesidad de equipos.

Son moldajes cuyas partes son livianas y se deben armar y desarmar completamente en cada uso. En ningún momento el moldaje excede los límites de carga máxima definidos en la ley.

Ilustración N°6: Moldaje Manuportable



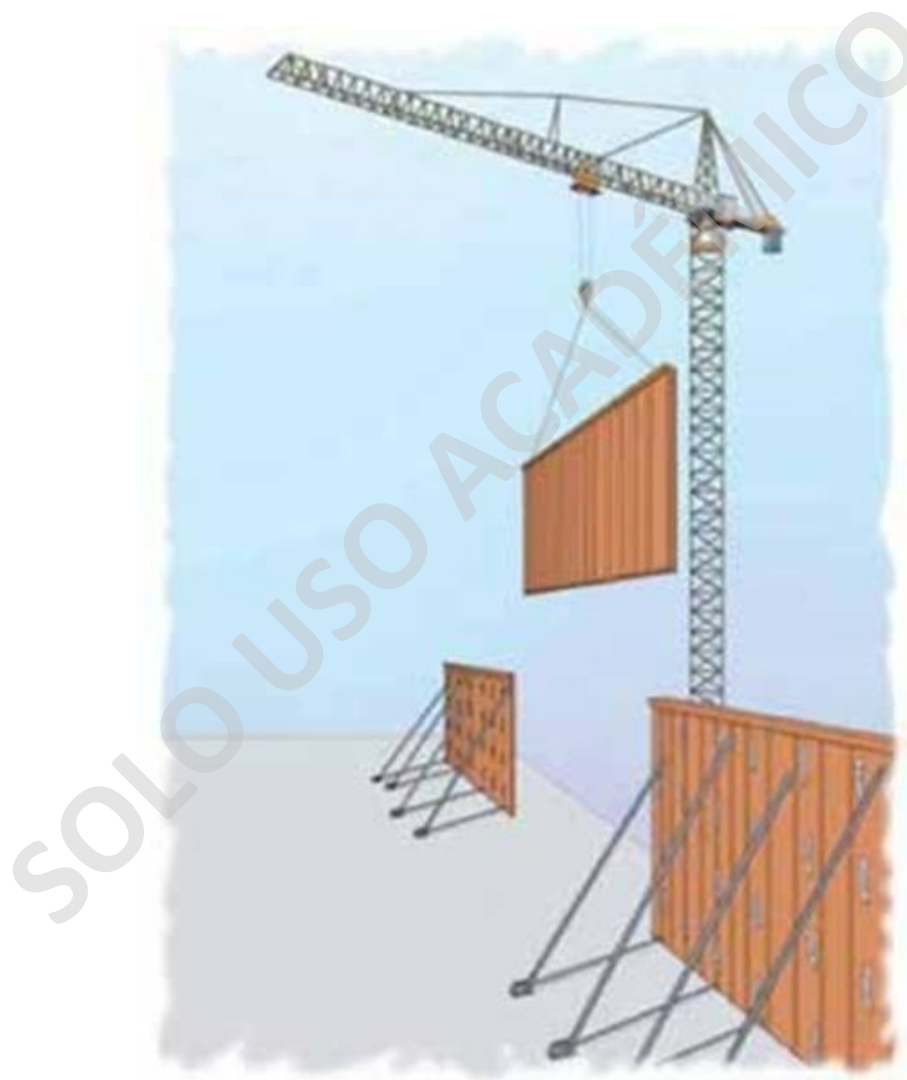
Fuente: Ulma Chile Andamios y Moldaje S.A.

### 2.3.6.2. Moldaje Manejable solo con Grúas

Moldaje de muros, vigas, pilares o losas que se montan, se descimbran y transportan sólo con grúas.

Éstos no se desarman en cada oportunidad.

Ilustración N°7: Moldaje Manejable solo con Grúas



Fuente: Taller de Construcción Civil AIEP.

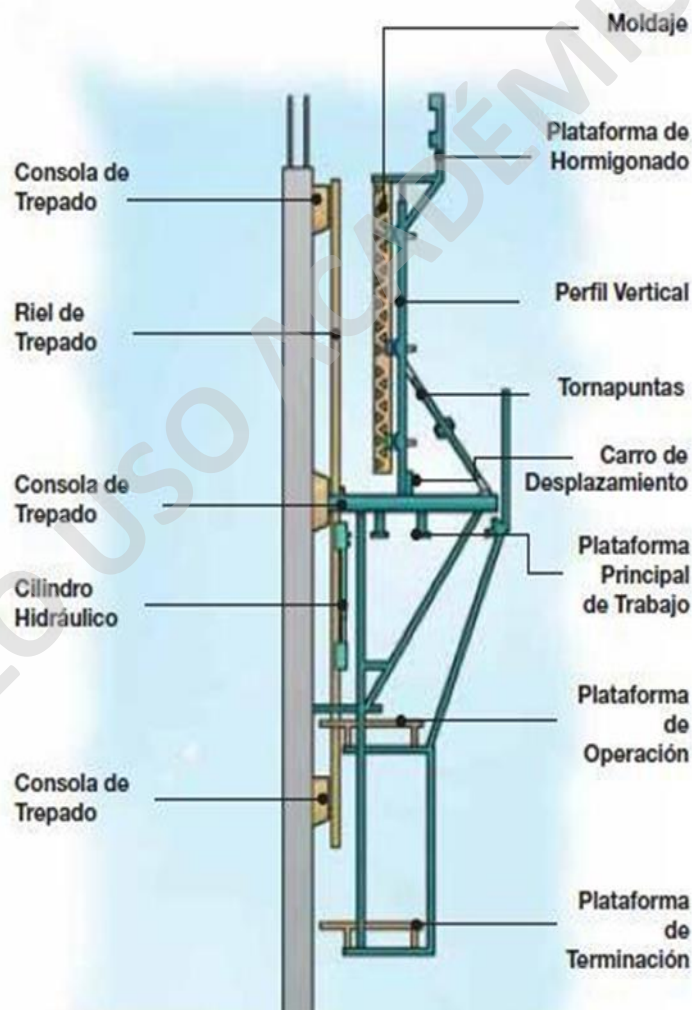
### 2.3.6.3. Moldaje Autotrepante

Este sistema está basado en una gata hidráulica que permite movilizar moldajes de gran tamaño.

Este moldaje no requiere grúa para su uso y permite avanzar en forma discreta.

Este tipo de moldajes se está utilizando en el mundo de la construcción de edificios de gran altura.

Ilustración N°8: Moldaje Autotrepante



Fuente: Doka

#### 2.3.6.4. Moldaje Deslizante

Este sistema está basado en un anillo perimetral de doble cara de baja altura que permite hormigonar en forma continua. El moldaje utiliza gatas hidráulicas para su desplazamiento, esto por medio de pequeños impulsos que son controlados por dispositivos que garantizan la suavidad y el levantamiento uniforme de éste.

El hormigonado se hace progresivamente desde una plataforma de trabajo que se encuentra en el nivel superior de ambas caras del moldaje.

Este tipo de moldajes es utilizando en la construcción de torres de hormigón, silos, núcleos de ascensores y torres de control y vigilancia.

Ilustración N°9: Moldaje Deslizante



Fuente: Quezada y Boetsch S.A

### 2.3.6.5. Moldaje Colaborante

Son moldajes que quedan incorporados al elemento constructivo y cumplen con la función de ser moldaje y parte de la estructura.

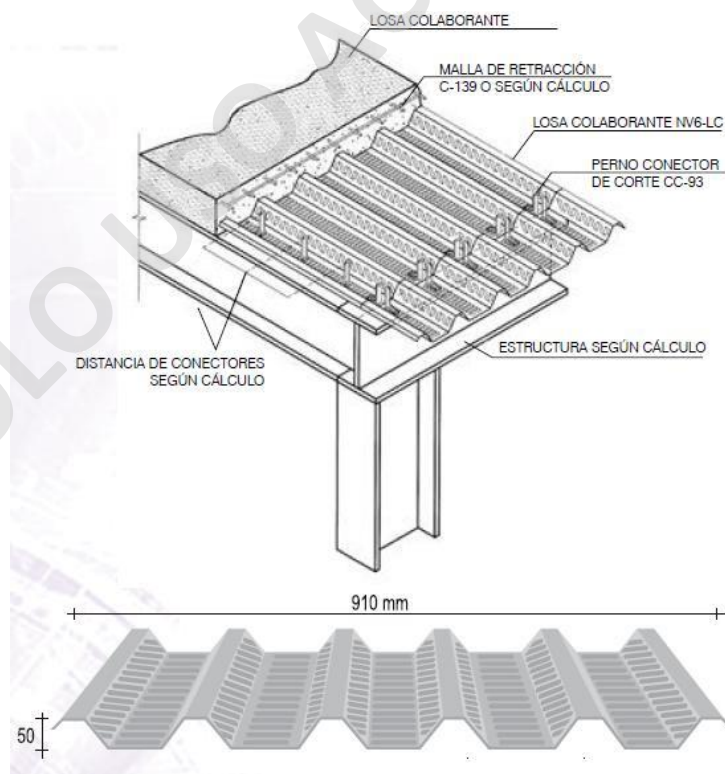
#### 2.3.6.5.1. Moldaje en base a planchas metálicas

Son paneles metálicos que cumplen la doble función de servir de moldaje durante la etapa de hormigonado y ser parte de la enfierradura estructural de la losa.

Éstos son autoportantes para luces determinadas y su dimensionamiento obedece a un proyecto estructural.

Se usa principalmente en edificios de oficinas, comerciales u otro que lleve cielo colgado o su uso permita dejar el panel como terminación definitiva.

Ilustración N°10: Moldaje en Base a Planchas Metálicas



Fuente: Metecno Chile

#### **2.3.6.5.2. Moldaje en base a losetas**

Son losetas prefabricadas de hormigón o arcilla autosoportantes que cumplen con la función de moldaje y de colaboración para la estructura de la losa y normalmente utilizan vigas de apoyo.

#### **2.3.7. Desmoldantes**

Son agentes químicos que se aplican en las superficies internas de los moldajes, cuya función es generar una capa antiadherente para evitar que el hormigón se adhiera a la superficie y facilite el descimbre. (CChC, 2016).

Existen desmoldantes para moldajes con superficie de madera y metálica; los primeros son emulsiones en base a aceites y los segundos son agentes químicos que, además de cumplir con la función de desmoldante, son inhibidores de la corrosión.

Los desmoldantes se aplican con rodillo, brocha o pulverizadores; antes de su aplicación se debe verificar que la superficie del moldaje esté seca y limpia.

Los desmoldantes deben mantenerse en lugares frescos y bajo techo, en estas condiciones se puede almacenar en su envase original cerrado hasta la fecha indicada en la etiqueta del recipiente. Es posible que en algunos casos precipite, por lo que requiere de continuar la mezcla según instrucciones del fabricante.

La aplicación del desmoldante es muy importante para la terminación del hormigón, y la aplicación con exceso no logra un mejor resultado.

#### **2.3.8. Mantenimiento y Limpieza**

La vida útil de los sistemas de moldaje está relacionada con los cuidados en el uso y con la mantenimiento y limpieza de los elementos que lo forman. (CChC, 2016)

La limpieza después de cada uso, mediante un lavado a presión, es de gran importancia para mantener el buen estado de los elementos. Esta limpieza se debe realizar en obra al bajar los moldajes a su lugar de acopio después de cada uso.

La limpieza profunda y mantenimiento de sellos y piezas se realiza normalmente en talleres de los proveedores en el caso de arriendos; para el caso de moldajes propios, es recomendable solicitar un servicio de mantenimiento integral del moldaje.

Se recomienda sellar los bordes de placas de terciado con pinturas en base a aceite con el fin de reducir la absorción de humedad y sellar cuando por requerimientos de la geometría se deban cortar.

En el caso que la placa de contacto sea metálica, se debe desabollar y soldar para reparar dichos moldajes.

### **2.3.9. Recomendaciones Generales de Prevención y Seguridad en Moldaje**

Utilizar el moldaje para la función que es diseñado (Inacap, 2019).

#### **2.3.9.1. Recomendaciones Previas al Montaje**

- Contar con un proyecto de moldaje que consulte el cálculo estructural de este, para las solicitaciones que tendrá durante su utilización.
- Conocer peso de los elementos que forman un moldaje, en especial para su traslado, por personas o grúas.
- Capacitación al personal de montaje sobre el equipo a utilizar, las partes que lo forman y su procedimiento de montaje.
- Contar en terreno, inmediato a la faena con todos los elementos necesarios para el montaje.

##### **2.3.9.1.1. Criterios de Rechazo de Elementos**

- Placas de terciado que presenten deformaciones por uso.
- Alzaprimas dobladas, pasadores, golillas en mal estado.
- Puntales de aplomo doblados, cabezas en mal estado.
- Vigas con deformaciones evidentes.

#### **2.3.9.2. Recomendaciones Previas al Descimbre**

- Demarcar la zona de descimbre con el fin de evitar tránsito de personas ajenas a la faena.
- Contar con un proyecto o instructivo de descimbre entregado por el ingeniero estructural en el que se indique al menos plazos de descimbre y orden de descimbre, en especial losas y vigas.
- Contar con el espacio necesario para el acopio.
- Conocer peso de los elementos que forman un moldaje, en especial para su traslado, por personas o grúas.
- Capacitación al personal de descimbre.
- Contar en terreno, inmediato a la faena con todos los elementos necesarios para el descimbre.

#### **2.3.9.2.1. Limitaciones de Montaje o de Descimbre por Condición Climática**

Ante el viento: Cuando está expuesto a vientos superiores a 65 km/hr o velocidades o velocidades menores que determina la obra.

#### **2.3.9.3. Recomendaciones Durante el Montaje**

- Se debe encargar el trabajo a personal capacitado para esta tarea.
- El personal debe contar con todos los elementos de seguridad requeridos.
- Recordar al personal las medidas de seguridad, en especial el uso de cinturón de seguridad
- tipo arnés y cuerda de vida, e informar a los trabajadores sobre las posturas correctas para efectuar el trabajo.
- Una vez terminado, verificar el montaje por personal capacitado utilizando una pauta establecida antes de hormigonar.

#### **2.3.9.4. Recomendaciones para el Transito Sobre Moldajes de losa**

- Minimizar los recorridos por los moldajes.
- Tener acceso seguro a la losa.
- Transitar cuidadosamente sobre las enfierraduras, idealmente debe existir plataformas de tránsito, por seguridad y para no dañar las instalaciones que existan sobre el moldaje de losa.
- No transitar por moldaje con nieve en su superficie.
- No transitar con iluminación insuficiente.
- No efectuar ninguna actividad distractora durante el tránsito por el moldaje de losa.
- No transitar por los bordes de losa, excepto que esta tenga barandas.

#### **2.3.9.5. Recomendaciones para el Montaje y Trabajo sobre el moldaje de losa**

- Acopiar los materiales que se van a utilizar en forma ordenada y en zonas asignadas sin sobrecargar dichas zonas.
- No sobrecargar el moldaje con materiales, conocer el peso de estos y las cargas para la cual se ha diseñado.
- Mantener las herramientas en los cinturones portaherramientas en la estructura del moldaje
- Utilizar herramientas eléctricas que estén protegidas con toma de tierra y conectadas a circuitos con protector diferencial.

#### **2.3.9.6. Recomendaciones para el Descimbre**

- Se debe encargar el trabajo a personal capacitado para esta tarea.

- El personal debe contar con todos los elementos de seguridad requeridos.
- Durante el proceso de descimbre de debe utilizar el cinturón de seguridad tipo arnés
- conectado a una cuerda de vida.
- Recordar al personal las medidas de seguridad.
- Sacar cuidadosamente cada elemento del moldaje y trasladarlo a un lugar de acopio.

#### **2.3.9.7. Recomendaciones para Trabajo Limpieza de Moldaje**

- Efectuar la limpieza en un lugar dispuesto para ello, con los moldajes en atriles.
- Canalizar el agua utilizada en la limpieza a un punto definido por el Jefe de Obra.

#### **2.3.9.7.1. Manipulación y Aplicación de Desmoldante**

- Conocer la forma de aplicación, mecanismo y capa necesaria según fabricante.
- Aplicar desmoldante en lugares ventilados, o en su efecto ventilar adecuadamente los ambientes de trabajo.
- Usar mascara de protección respiratoria de medio rostro con cartuchos para vapores orgánicos.
- Usar guantes de goma natural o sintética para proteger las manos.
- Utilizar ropa adecuada que proteja el cuerpo.
- Utilizar gafas para los ojos.
- No tocarse la cara con las manos con restos de desmoldantes.
- Lavarse las manos al término de la faena de aplicación, manipulación o trabajo en contacto con desmoldante.
- Capacitar al personal sobre el uso de estos productos y los primeros auxilios básicos.
- Tomar precauciones especiales de protección al aplicar con vientos fuertes.
- Lavar al término de la faena diaria los elementos de trabajo.

#### **2.3.9.8. Elementos de Protección Personal**

Todo profesional que trabaje para la construcción como ser cargos directivos como así mismo el personal de obra, deben hacer uso obligatorio de innumerables elementos de seguridad que existen en el mercado y a la venta a lo largo de todo Chile.

En palabras simples son elementos de protección personal (E.P.P), que minimizan los accidentes, se entienden estos como todo aquel accesorio que viste a un operario, trabajador o profesional y lo utiliza como ropa, artefacto, equipo de protección, etc., de forma tal que proteja su integridad física, cuando ejecuta cualquier labor sobre todo en aquellas actividades con eminente riesgo de accidente laboral. (Chilecubica, 2017).

Cuando hablamos de integridad física estamos a hablando no solo de proteger sus extremidades, sus sentidos, sino también su salud y por supuesto su vida.

Los operarios o trabajadores de la construcción como también sus profesionales se ven expuestos a diario por su labor propia o trabajo, a un riesgo permanente.

Las obras deben estar por lo tanto perfectamente demarcadas (con cintas de peligro), señalizadas apropiadamente indicando muy claro las zonas de alto riesgo o áreas de peligro de accidente.

Por lo tanto, es una obligación propia de todos los profesionales y la empresa de proveer de estos elementos para quienes trabajamos en la construcción cuidar de sus operarios enseñar y educar para el buen uso de sus elementos protectores.

Todas las faenas en construcción con llevan a un riesgo para el trabajador de su vida, el ejercicio de tan solo caminar por la obra, todos sabemos que existen condiciones inseguras propias de la obra las cuales debieran evitarse como también las acciones inseguras que estúpidamente cometen los trabajadores en forma a veces realmente osada.

#### ❖ **Ley 16744**

Es la ley que establece el Seguro Social Obligatorio Contra Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, creada en 1968, y de la cual el IST es Organismo Administrador.

Establece cuáles son las prestaciones médicas y económicas a las que tienen derecho los trabajadores protegidos por este seguro que sufran un accidente del trabajo o enfermedad profesional.

#### ❖ **Algunos elementos protectores**

- Casco: protege cabeza
- Guantes: protege las manos
- Overol: protege el cuerpo de salpicaduras y ras miñones
- Parka: protege de lluvia, frio, etc.
- Protectores de Oídos: protege de altos decibel
- Arnese: protege de caídas.

- Cuerda de vida: protege de caídas al vacío
- Zapatos de seguridad: tiene punta de fierro protege los dedos del pie
- Protector solar: protege de quemaduras de sol
- Arábico: protege el cuello de quemaduras de sol
- Visores: protege la cara de trabajos de serrucho eléctrico
- Antiparras: protege los ojos
- Lentes de seguridad: protege de la luz que emita el soldar
- Mascarilla: protege la respiración
- Fajas lumbares: protege la columna

#### **2.3.10. Cubicación de Moldajes**

Para la cubicación de los moldajes se emplea la Norma Chilena NCh 353 of. 2000, que establece que las obras de moldajes se miden de acuerdo a los metros cuadrados. (Martínez, 2017).

El moldaje puede ser arrendado o bien comprarse. Esta decisión se toma en base al tamaño de la obra, y proyectos futuros que pudiesen estar en carpeta.

En Chile se pueden encontrar las siguientes empresas: Ulma, Peri, Alsina, Unispan, Hunnebeck entre otras.

Para obras con superficies de 700 m<sup>2</sup> aprox. se recomienda lo siguiente:

- Moldaje losa: Considerar 100% de la planta.
- Moldaje muros: Considerar entre un 35% y 45%

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

Considerando el planteamiento y formulación del problema, los cuales quedaron sintetizados en el desglose del objetivo general y los objetivos específicos que representan el eje esquemático por donde se guiará la presente investigación para la consecución del logro planteado, a continuación, se esboza la metodología de trabajo en función de la realidad de las condiciones del entorno en que se desempeña la actividad de aplicación del moldaje de aluminio.

### **3.1. Tipo y Diseño de la Investigación**

#### **3.1.1. Tipo**

El tipo de investigación determina las características propias del estudio que se desarrollará a través de la aplicación de técnicas a fin de seleccionar y recolectar los datos que conducirán a la obtención de la información relevante a fin de efectuar las deducciones en la valoración de la efectividad de la Aplicación de Moldaje de Aluminio en Obras.

En función de este fundamento, la tipología más adecuada queda determinada por los siguientes tipos: Investigación documental, descriptiva no experimental.

El presente estudio queda enmarcado como una investigación de tipo documental. Al respecto, Marín Villada (2008), comenta que la investigación Documental:

Es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie tales como, las obtenidas a través de fuentes bibliográficas, hemerográficas o archivísticas.

En este sentido, el presente estudio se basará en un conjunto de antecedentes (documentos previos), fundamentos teóricos (de investigaciones y publicaciones existentes), y de un conjunto de informaciones escritas, que corresponde a manuales de normas y procedimiento en la aplicación de las técnicas que ha sido producto del conocimiento del equipo de ingenieros, técnicos y prevencionista que trabajan en la empresa Forsa en Chile.

Al respecto, Balestrini (2010), indica que los tipos de estudio de campo “es el que permite establecer una interacción entre los objetivos y la realidad de la situación para observar y recolectar los datos directamente de la realidad” (p. 49).

Es decir, comprende la aplicación del método científico en el tratamiento de un sistema de variables y sus relaciones, que conduce a conclusiones y al enriquecimiento de un campo de conocimiento.

La actividad de campo siempre queda reforzada y/o respaldada por el estudio de tipo “documental”, ya que, se sustentará en la revisión de los manuales, estudios técnicos, etc.

### **3.1.2. Diseño de la Investigación**

En referencia al diseño de la investigación, como lo plantea Ramírez (2014), “es la forma en que se planea llegar al objetivo planteado” (p. 45), es decir, establece el conjunto de acciones a ejecutar por científico o investigador con el objeto de precisar detalladamente las estrategias para conseguir la data requerida y para su posterior proceso.

La clasificación de los diseños de investigación señalada por Hernández, Fernández y Baptista (2012), en su obra metodología de la investigación, señala como argumento que: “la siguiente clasificación: investigación experimental e investigación no experimental. (...) La investigación no experimental se subdivide en diseños transeccionales o transversales, y diseños longitudinales” (p. 187).

En tal sentido, el presente estudio es no experimental, ya que, la investigación parte en su primera etapa de una revisión documental, la observación de fenómenos de las diferentes técnicas utilizadas en la aplicación de moldaje de aluminio, tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo, tal como lo menciona Hernández y otros (ob. cit.), “no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocados intencionalmente por el investigador.” (p. 267).

Por otro lado, Ramírez (ob. cit.), dentro de los diseños se encuentra el nivel descriptivo, que: “son aquellos estudios cuyo objetivo es la descripción, con mayor o menor precisión, de las características de un determinado individuo, situaciones o grupos, con o sin especificación de hipótesis iniciales acerca de la naturaleza de tales características...” (p. 84).

## **3.2. Unidad de Investigación, Población y Muestra**

### **3.2.1. Unidad de Investigación**

Partiendo del criterio expresado por Hernández, et al (ob. cit.), en referencia a que la Unidad de Investigación, Unidad de análisis (o caso) o Unidad de observación, “es la referida al qué o quién objeto de investigación.” (p. 232).

En este caso se ajusta más a la unidad de observación o análisis, por cuanto se observará las técnicas aplicadas en la aplicación de Moldajes de Aluminio, a fin de recolectar la información de campo, para luego efectuar el análisis y determinar la efectividad en función del entorno en que se desarrolló.

La unidad de observación corresponderá a uno o dos proyectos donde se aplicó la técnica de los sistemas Forsa en Chile.

### 3.2.2. Población

Es cualquier conjunto de elementos de lo que se quiere conocer o investigar alguna de sus características, para el presente estudio la entidad representativa como población son las Obras que se construyen en Chile con los Sistemas de la Empresa FORSA S.A.

En este estudio partiendo desde la lista de proyectos que aparecen como población se efectuará la selección de dos de ellos para conformar la muestra definitiva.

Tabla N°1: Población

| Cliente               | Ciudad       | Obra                          | Sistema    |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| Armas                 | Copiapó      | Ciudad del Encanto 3          | Forsa Plus |
| Constructora Map      | La Serena    | Estancia El Sauce             | Forsa Alum |
| Ecomac                | La Serena    | Valles de la Florida 3        | Forsa Alum |
| Terra Firme           | Santiago     | Edificio Carlos Silva         | Forsa Plus |
| Constructora Tres EFE | Viña del Mar | Condominio Mirador de la Peña | Forsa Alum |

Fuente: FORSA S.A Chile.

### 3.2.3. Muestra

Se deduce la necesidad de efectuar el estudio en un par de casos específicos de la población anterior, es decir, una muestra. Al respecto, Tamayo y Tamayo (2014), señala que: “Cuando seleccionamos algunos de los elementos con la intención de averiguar algo sobre la población de la cual están tomado, nos referimos a ese grupo de elementos como muestra”. (p. 92).

Aún, cuando lo ideal es efectuar un muestreo probabilístico, en el caso de la presente investigación se efectuará una selección del tipo de muestreo “no probabilístico”, también conocido bajo la denominación de: “muestreo intencional”.

En este sentido, Seijas (2009) indica que los muestreos “intencionales u opináticos son aquellos en donde la ecuación personal del individuo está presente en la selección de la

muestra”, es decir, en este caso, el investigador será quien decida cuales son los elementos que conformaron las unidades de muestreo. En este estudio, partiendo de la lista de proyectos que aparecen como población se efectuará la selección de dos de ellos que conformarán la muestra definitiva. Todo ello permitió generar el siguiente marco muestral:

Tabla N°2: Marco Muestral

| Cliente               | Ciudad       | Obra                             | Sistema    |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|------------|
| Terra Firme           | Santiago     | Edificio Carlos Silva            | Forsa Plus |
| Constructora Tres EFE | Viña del Mar | Condominio<br>Mirador de la Peña | Forsa Alum |

Fuente: FORSA S.A Chile.

### 3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos

En general, tomando en cuenta la amplitud de los elementos considerados en el alcance de los objetivos específicos, se aprecia que es necesario aplicar una variedad de técnicas en la recolección de datos.

Para cubrir el aspecto contemplado en el primer objetivo específico, solo es necesario acudir a los manuales de procedimientos para las diferentes faenas de los estudios que emplea, los cuales son pocos, ya que, los estudios previos que ha desarrollado y los proyectos en donde han asumido contratos le han dado la experiencia.

Para los objetivos 2 y 3, se acudirá en primera instancia en la técnica de la observación directa, mencionada por Naghi (2010), “el método directo describe la situación en la que el observador es físicamente presentado y personalmente maneja lo que sucede” (p. 164), apoyándose concretamente en la elaboración de una guía de observación como instrumento específico, donde se logrará captar, registrar y evaluar los diferentes pasos y etapas de los trabajos en donde se aplica el moldaje de aluminio, y contrastar con las especificaciones de aparecen en los propios manuales de normas y procedimientos de las técnicas empleadas en la mayoría de los proyectos.

Con la información recabada a través de las técnicas e instrumentos mencionados en el párrafo anterior, se diseñará una lista de cotejo de las actividades mínimas que deben

considerar para valorar la aplicación del del moldaje de aluminio a través de los sistemas FORSA.

### **3.4. Diseño de los Instrumentos de Investigación**

Para la construcción se seguirán normas técnicas y específicas para los estudios observacionales descriptivo de campo, comenzando con la esquematización de su contenido en tres partes:

- Se refiere a una lista de las técnicas existentes en los estudios de moldajes aplicados por Forsa S.A, allí se consideró que es la más reciente, indicará cuales son las técnicas de mayor uso para satisfacer las necesidades de la aplicación en el país.
- Elaboración de una lista de tips o tópicos de observación en el terreno de campo, la cual va soportada con los manuales de procedimientos a ser acatada por el equipo de trabajo en cada proyecto. Es decir, se efectuará una lista de los aspectos de mayor relevancia que deben observarse en el terrero, en los diferentes ámbitos, tales tareas a ejecutar, manuales empleados, normas acatadas, cantidad de personal, dimensiones del proyecto, condiciones geológicas del área asignada, información disponible en el terreno, apoyo logístico, normas de seguridad, acciones prevencionista de riesgo, materiales y equipos.
- Por último, corresponde a un cuadro comparativo de parámetros cuantitativos, y de rendimiento que son manejados bajo la óptica interna de la eficiencia en la operatividad.

Es entendido básicamente como un instrumento de verificación. Es decir, actúa como un mecanismo de revisión durante el proceso o procedimiento de trabajo en una actividad, esto da una noción de ciertos indicadores prefijados y la revisión de su logro o de la ausencia del mismo.

En términos generales, estas listas suelen ser utilizadas para la realización de comprobaciones rutinarias y para asegurar que al operario o el encargado de dichas comprobaciones no se le pasa nada por alto, además de para la simple obtención de datos.

Una de las ventajas, es que, además de sistematizar las actividades de observación, una vez rellenos sirven como registro, que podrá ser revisado posteriormente para tener constancia de las actividades que se realizaron en un momento dado, así como en la recopilación de datos para su futuro análisis, que es lo que se pretende efectuar en la presente investigación.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Aplicación del Moldaje de Aluminio (Forsa, Chile)**

#### **4.1.1. Almacenamiento Inicial E Inventario**

Para realizar el inventario se debe tener un área de almacenaje segura y limpia, donde se pueda colocar la formaleta organizadamente y no corra el riesgo de pérdida o robo, preferiblemente con iluminación.

- El inventario se debe realizar inmediatamente se descarguen los contenedores.
- Se debe acomodar tratando de dejar las piezas del mismo tamaño juntas para su inventario y recibo de las mismas.
- Las formaletas se deben colocar sobre estibas de madera o piso de concreto para no dañarlas.
- No se debe almacenar más de 20 paneles en altura.
- Se deben tener como mínimo 10 personas para esta labor.

#### **4.1.2. Curado del Equipo**

Disponer de un área amplia donde extender la formaleta para realizar el curado. Por cada 200 m<sup>2</sup> de formaleta se deben comprar 40 kilos de cal hidratada y un tambo (tinaco o caneca de 55 galones) para revolver la cal con agua.

Preparación: por cada 40 kilos de cal se deben anexar 25 galones de agua, se deben estar mezclando cada 15 minutos para mantener la mezcla homogénea.

- La formaleta se pinta con esta mezcla en su cara de contacto y sus laterales con un rodillo de felpa (preferiblemente) y se deben tener como mínimo 5 rodillos para realizar el trabajo más eficientemente.
- El número mínimo de trabajadores para este trabajo es de 10 personas.
- Nunca se debe de pintar la cara posterior de la formaleta, no es necesario su curado.
- Las formaletas se debe dejar pintadas o curadas de un día para otro, lo cual es suficiente.
- Se recomienda lavarla con agua a presión para retirar los excesos de cal que quedan en la cara de contacto de la formaleta, los cuales harán que los primeros vaciados queden un poco blancos o manchados.

#### 4.1.3. Herramientas Mínimas de los Armadores

- Martillo de uña.
- Espátula de limpieza
- Flexómetro.
- Balde plástico para guardar y transportar pasadores y cuñas.
- Balde con desencofrante o desmoldante y brocha, rodillo de felpa o guaípe para su aplicación.
- Guantes de carnaza.
- Gafas de protección.
- Tapones auditivos.
- Botas con puntera de acero.
- Arnés de seguridad.
- Faja Lumbar
- Chaleco reflectivo.
- Zapatos de Seguridad.
- Casco.

Ilustración N°11: Herramientas Armadores



Fuente: FORSA S.A. Chile.

#### 4.1.4. Herramienta General en Obra

- Ángulos de acero de 6 metros de largo de  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  para alineación de los muros.
- Ángulos de acero de 6 metros de largo de  $2 \times 2 \times \frac{1}{8}$  para soporte de formaleta en vaciados en altura.
- Gatos y puntales necesarios para el soporte de la losa.
- Yumbolon para forrar las corbatas.
- Separadores plásticos para concreto en muros y losas.
- Viruta de acero para limpieza de cara de contacto de formaleta.
- Tablones en madera para ser instalados en los andamios FORSA.
- Dos vibradores mínimos de aguja con cabezote no mayor a  $\frac{3}{4}$  de pulgada.
- Máquina para fumigar para aplicación de desencofrante o diesel.
- Hidrolavadora.
- Manguera para suministro de agua.
- Palas con punta cuadrada para aseo de losas.
- Taladro percutor para pinado de muros.
- Brocas para concreto de  $\frac{3}{16}$  y 1 pulgada.
- Reglas de aluminio para terminado de losa o similar.
- Barras de acero.
- Suministro de energía eléctrica, extensiones eléctricas y reflectores para iluminación nocturna.
- Ángulos de acero de 6 metros de largo de  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  para alineación de los muros. Como van dos en altura, es la cantidad de metros lineales de muro multiplicar por dos.
- Ángulos de acero de 6 metros de largo de  $2 \times 2 \times \frac{1}{8}$  para soporte de formaleta en vaciados en altura, su cantidad es el perímetro exterior de la formaleta.
- Gatos y puntales necesarios para el soporte de la losa. La cantidad depende del tamaño y forma de la losa.
- Yumbolon para forrar las corbatas, la cantidad depende del número de corbatas a instalar en cada armado.
- Para la primera armada, se recomienda bañar las corbatas en desencofrante, para su retiro más fácil.
- Separadores plásticos para concreto en muros y losas. las cantidades dependen de los metros cuadrados a realizar.
- Viruta de acero para limpieza de cara de contacto de formaleta, una unidad de 200 gramos por cada 5 vaciados y cada armador, luego se puede lavar con diesel y reutilizarse por otros 5 vaciados.
- Tablones en madera resistente para ser instalados en los andamios, la cantidad depende del perímetro exterior del edificio.
- Dos vibradores por obra, de aguja con cabezote no mayor a  $\frac{3}{4}$  de pulgada para muros de espesor menor a 10 centímetros.
- Escuadra de acero. Tres por molde.
- Máquina para fumigar para aplicación de desencofrante o diesel. Una por molde puede ser manual o de presión.

- Hidrolavadora, una por molde.
- Por falta de agua y energía en obras en ocasiones se necesita tanque y generador eléctrico, un tanque y generador por obra.
- Manguera para suministro de agua, dos por obra de 50 metros.
- Palas con punta cuadrada para aseo de losas, 4 por frente de armadores.
- Taladro percutor para pinado de muros.
- Brocas para concreto de 3/16 y 1 pulgada
- Reglas de aluminio para terminado de losa o similar. 2 reglas de 4 metros por molde.
- Barras. Dos por molde.
- Suministro de energía eléctrica, extensiones eléctricas y reflectores para iluminación nocturna. Un equipo de iluminación por molde.
- Saca paneles. Son 6 unidades por molde
- Saca corbatas. Son 6 unidades por molde.
- Saca Grapas. Son 6 unidades por molde.
- Barreta niveladora. Son 6 unidades por molde.
- Grada móvil. Se recomiendan una por cada dos armadores.
- Escaleras. Únicamente para subirse a los moldes. Se recomiendan dos por molde.

#### **4.1.5. Estado de la Obra Antes de la Instalación del Moldaje**

- Las losas deben estar a escuadra, niveladas y con dimensiones exactas.
- El trazo de los muros (pinado) perfectamente marcado y a escuadra.
- El acero de refuerzo de los muros correctamente colocado, respetando las dimensiones exactas de puertas y ventanas.
- Las corbatas o pasadores de la formaleta FORSA inician a 15 centímetros del piso, por lo tanto, al instalar el acero se debe verificar que la primera línea de acero de la malla no coincida con esta altura para que no se interfiera con la corbata que se va instalar posteriormente.
- Deben estar instalados en las mallas todos los accesorios eléctricos, hidráulicos y sanitarios.
- Si las cimentaciones no han contemplado el ancho de las formaletas en sus exteriores de la losa, se deben de tener polines de madera de 4 x 4 pulgadas como apoyo de las mismas.

#### **4.1.6. Proceso de Instalación**

##### **4.1.6.1. Primer Nivel**

Es la base de la edificación, para lo cual sus trazos (cimbrado), y nivelación debe ser lo mejor posible y sin errores. Cualquier error que se cometa en el primer nivel seguirá reflejándose en los pisos superiores.

##### **4.1.6.1.1. Sótanos**

Para la construcción de los sótanos se puede usar la formaleta FORSA, teniendo un especial cuidado en las alturas de los vaciados y los anchos de los muros para suministrar las corbatas respectivas.

##### **4.1.6.1.2. Cimentación**

Trazar el contorno de la edificación, colocar las formaletas de cimentación y marcar las vigas de cimentación según los planos de la vivienda.

Descapotar el terreno removiendo la capa vegetal, rellenar con material nuevo hasta quedar compactado y nivelado. Ubicar exactamente el acero de refuerzo, de arranque y las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.

Instalar las mallas electro soldadas en la losa de cimentación.

##### **Vaciado Losa**

Antes de vaciar el concreto hacer una revisión final para asegurarse que todo esté debidamente fijado.

Para obtener un mejor acabado en la losa, utilizar una regla de aluminio preferiblemente y un vibrador durante el proceso de vaciado.

##### **Preparación del Terreno**

La primera operación en el encofrado de muro es realizar el replanteo trazando con tiza sobre la losa de cimentación la ubicación exacta de los muros con el espesor correspondiente, verificando que los pelos de amarre estén lo más centrados posible dentro del espesor del muro.

##### **Instalación Malla**

Espesor de los muros: se deben trazar 4 líneas, las dos internas establecen el ancho del muro y las dos externas corresponden al espesor de la formaleta que tienen 55 Mm.

Continuar amarrando con alambre las varillas salientes de la losa con las mallas electro soldadas de los muros, y si es necesario se instalan las varillas de refuerzo en muros.

### **Pineado**

Sobre las dos líneas interiores marcadas, perforar con un taladro cada 60 cm. e introducir un tache de varilla de 3/8. FORSA ofrece los separadores plásticos que agilizan el montaje

La función del tache y/o separadores plásticos es servir de tope a la formaleta, para mantener el ancho del muro y servir de guía para que las formaletas FORSA queden bien alineadas.

### **Instalaciones Eléctricas y Sanitarias**

Instale los separadores o panelas para evitar que la malla se pegue al muro.

Sujetar muy bien a la malla las cajas eléctricas y los conductos eléctricos, sanitarios y de gas para evitar que se desplacen y queden torcidos en el momento de la fundición.

#### **4.1.6.2. Instalación de Muros**

Antes de iniciar el montaje verificar que las formaletas tengan bien aplicado el desmoldante y que las corbatas estén debidamente forradas.

El sistema de Formaletas FORSA para muro es tan práctico y modular que el montaje se puede realizar de dos maneras:

Montar la formaleta interior de muro y luego montar la formaleta exterior de muro.

Montar simultáneamente las formaletas del muro interior y las formaletas del muro exterior. Esta secuencia de montaje es la recomendada por FORSA por ser más ágil, rápida y segura.

##### **4.1.6.2.1. Secuencia de Instalación de Muros**

Comenzar la instalación en las esquinas de la edificación ubicándolas sobre los trazos o replanteo.

Fijar al esquinero de muro una formaleta a cada lado formando escuadra, para dar estabilidad.

Para unir una formaleta a la otra desplace e inserte el pasador flecha o el pasador candado de FORSA, a través de las perforaciones de las formaletas.

Finalmente fijar las formaletas insertando la cuña a través de la ranura del pasador flecha y en el caso del pasador candado ajustarlo con la grapa.

#### **4.1.6.2.2. Secuencia de Instalación Paso 2**

Coloque la corbata con la funda instalada, insertándola en el extremo de los pasadores, amarrando así la formaleta interior con la formaleta exterior.

La corbata actúa como un separador permitiendo obtener un muro de espesor homogéneo y además soporta la presión del vaciado.

#### **4.1.6.2.3. Secuencia de Instalación Paso 3**

Una vez asegurada la esquina, continúe ensamblando simultáneamente las formaletas exteriores de muro y las del muro interior repitiendo los pasos 1, 2 y 3 hasta completar la edificación.

#### **4.1.6.2.4. Marco de Puertas y Ventanas**

Con el sistema de formaletas FORSA los marcos de puertas y ventanas quedan muy bien definidos, y completamente sellados con tapa muro que se une a la formaleta con pasadores.

Para garantizar que las puertas y ventanas mantengan la medida requerida, se coloca el tensor. En las ventanas se debe colocar a 1/3 en la parte superior del vano y en las puertas cuando haya dintel se coloca en la parte inferior del vano. En caso de que el vano llegue hasta la losa, se debe colocar un tensor en la parte superior y el otro en la inferior.

#### **4.1.6.2.5. Alineación Horizontal**

Para mejorar el alineamiento de los muros, se coloca el porta alineador y el ángulo alineador al exterior e interior de la formaleta. No sirve como atranque, su función es ayudar al alineamiento.

Insertar cada porta-alineador en las perforaciones de la formaleta formando dos hileras a lo largo del encofrado: una hilera abajo para alinear las formaletas en la base y otra arriba para alinearlas en la parte superior.

Colocar el alineador de acero sobre los porta-alineadores. Este alineador es un ángulo de acero de  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ .

#### **4.1.6.3. Instalación de Losas**

Una vez terminado el ensamble de los paneles de los muros, se coloca el Sistema de losas FORSA. Para ello existe la unión muro- losa, que consiste en un perfil conector con dos formas: ángulo recto o perfil con cornisa.

##### **4.1.6.3.1. Secuencia de Instalación de losas**

Colocar el esquinero de losa y asegúrelo a la formaleta de muro por medio del pin-grapa.

De acuerdo con la modulación del plano, colocar las formaletas de losa y asegurarlas a la unión muro-losa con el pin-grapa.

Continuar uniendo las formaletas de losa entre sí, utilizando el pasador corto y asegurándolas con la cuña.

Apuntalamiento con losa puntal: Proceda de igual forma, instalando las losas puntales, donde el plano de modulación lo indique, y asegúrelas a la formaleta de losa con pin grapa y posteriormente instale en cada guía los párales o gatos.

Ubicar las bases para gato con sus respectivos párales, de acuerdo con el plano de modulación y/o la indicación dada por el técnico.

##### **4.1.6.3.2. Vaciado del Concreto**

Empezar el vaciado en una esquina del muro de la formaleta, permitiendo que el concreto corra.

El vaciado del concreto premezclado se puede realizar con grúa (bache), bomba o con baldes, teniendo en cuenta las ventajas o desventajas en cada proyecto como son: tiempo, costo, productividad, calidad, etc.

Iniciar el vibrado una vez el concreto empiece a estabilizarse, utilizando un vibrador de aguja de 35 mm. para extraer el aire del concreto.

Iniciar el chapulíneo simultáneamente con el vaciado del concreto. Este consiste en golpear exteriormente las formaletas con un martillo o mazo de caucho para que el agregado del concreto sea desplazado hacia el centro y así obtener una superficie de muy buen acabado.

Inmediatamente después de vaciado el concreto, lavar con agua a presión el dorso de las formaletas, evitando que el concreto se pegue. Si no se tiene agua en la obra, asegurarse

de haber aplicado suficientemente ACPM (diesel), en el dorso para evitar que el concreto se adhiera a la formaleta.

#### **4.1.6.3.3. Desmontaje**

##### **❖ Formaletas del Muro**

- Al día siguiente después de verificar que el concreto halla fraguado lo suficiente se inicia el desencofre de las formaletas de muro. en la mitad de una pared interior y en una esquina de los muros exteriores.
- Retirar los alineadores y los porta-alineadores.
- Retirar las cuñas y pasadores y desplace hacia la izquierda los pasadores flecha que van fijos a la formaleta.
- iniciar el desencofre las formaletas en la mitad de una pared, retirando de una en una, utilizando la herramienta correspondiente. Asegúrese de que los paneles se halen hacia atrás de forma uniforme para garantizar la calidad en el acabado del concreto.
- Extraer las corbatas utilizando el saca corbatas, herramienta especialmente diseñada para esta función.

##### **❖ Formaletas de Losas**

- El sistema de apuntalamiento FORSA. facilita el desencofre de la losa, agiliza el proceso y permite su uso al otro día de la fundición.
- Iniciar el desencofre de las formaletas de losa por un extremo de la edificación..
- Retirar las cuñas y los pin-grapa y desencofre una por una las formaletas de losa.
- Dejar instalada solamente la losa puntal con sus respectivos párales o gatos.
- Antes de iniciar el siguiente armado asegúrese de retirar los residuos de concreto a cada formaleta con una espátula o con la viruta de acero.

#### **4.1.6.4. Armados en Altura**

Los armados en altura tienen dos elementos básicos:

- Garantizar la verticalidad de la construcción.
- Garantizar la seguridad del personal.

Seguir el mismo método de los muros del primer piso, y proceda a ubicar en el segundo piso las formaletas desmontadas.

Para las construcciones de dos o más pisos, se instalan los andamios perimetrales en el perímetro de la vivienda.

#### **Instalación de andamios.**

Los andamios sirven para alinear la cara exterior de la formaleta y para el desplazamiento del personal.

Para instalar el andamio exterior, se deben dejar las tres últimas corbatas en el muro ya fundido en las zonas donde se instalarán los andamios, están se ajustan con las cuñas en ángulo.

#### **4.1.6.5. Recomendaciones para el Armado en Altura**

##### **Medidas de Seguridad**

- Instalar a los andamios todos los pines y pasadores
- Instalar las líneas de vida en los andamios, sean en cuerda de nylon, madera o acero.

##### **Nivelación**

Se recomienda usar equipos de nivelación topográfica, sobre todo para el primer nivel, base del edificio a realizar.

##### **Aplomamiento de Muros**

Antes del armado de la losa se deben revisar los muros que estén completamente a plomo y a escuadra en las esquinas de las habitaciones, con esta recomendación garantizamos los espacios para que la los paneles de losa ingresen suave y no forzados.

##### **Formaleta a Escuadra**

Antes de iniciar la instalación de la losa, se debe revisar que la formaleta de muro en las esquinas de las habitaciones este a escuadra.

Revisión de escuadra de la formaleta De muro en las esquinas.

Revisión de escuadra luego de instalar Los paneles de losa.

#### **4.1.7. Mantenimiento de Limpieza del Molde**

Para evitar que la formaleta de muros se desplace en los vaciados en altura, como lo muestra el grafico, se debe amarrarla al ángulo inferior ranurado de aluminio con pin grapas.

El personal que trabaja exteriormente debe realizar jornadas de buscar los accesorios que se caen por la altura que se maneja, de lo contrario rápidamente se perderán los mismos.

En los andamios se deben instalar las líneas de vida para la seguridad del personal, estas son en cuerda, madera o acero.

#### **4.1.8. Características de los Moldajes de Aluminio**

Los paneles son fabricados con perfiles de aleación de aluminio de la serie Magnesio-Silicio, temple 6 y/o con lámina de aluminio de la serie Magnesio de espesor 3,2mm con tratamiento de temple de endurecimiento por deformación, para incrementar sus propiedades y llevarlo a su condición de dureza total.

Para su fabricación se utiliza soldadura aleación 5356, con excelentes propiedades mecánicas, y la secuencia de sus cordones permite mantener un factor de seguridad de 2 con respecto a las presiones de diseño, 60 KPa.

Está diseñado para soportar presiones de vaciado de 60 KPa, información validada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (España) y la Universidad del Valle, (a través de su Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, y de Ingeniería de Materiales) en Colombia.

La cara de contacto del panel es totalmente lisa, garantizando un excelente acabado de las superficies de concreto.

#### **4.2. Moldaje o Encofrado Aluminio - Forsa Alum**

Los encofrados en aluminio son un sistema de construcción sencillo, modular, rápido y muy rentable con el que se logran estructuras sismo resistentes en concreto de alta calidad y durabilidad. (Forsa, 2019).

##### **Sistema rápido y liviano**

Encofrados en aluminio FORSA ALUM es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano, fácil armar y desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas.

Permite en un solo día y en una sola etapa, vaciar el concreto, la fachada, los muros internos y las losas de una vivienda.

Cada equipo puede producir entre 1.500 y 2.000 unidades de vivienda, dependiendo del uso y cuidado.

#### **Ahorro en mano de obra**

Rendimiento en mano de obra: debido a la significativa reducción de peso de cada panel, 20 kg/m<sup>2</sup>, la cantidad del personal requerido en obra para alcanzar los óptimos rendimientos por día, es mucho menor.

Menor cantidad de piezas y accesorios por m<sup>2</sup>, motivo por el cual el rendimiento también es mayor.

Mínima cantidad de corbatas para unión entre paneles.

#### **Ahorro en concreto**

Con el sistema de vaciado monolítico de Encofrados en aluminio FORSA ALUM el porcentaje de desperdicio de concreto es mínimo, entre 0 y 2%.

### **4.3. Moldaje o Encofrado de Aluminio – Forsa Plus**

Con encofrados en aluminio FORSA PLUS la productividad está garantizada, porque el avance de obra es más rápido, ordenado, progresivo y totalmente seguro, y además el constructor podrá obtener Más Ahorros en sus proyectos sin perder calidad. (Forsa, 2019)

Características:

#### **Más ahorro en mano de obra**

Menor cantidad de armadores por cuadrilla dependiendo de la tipología del proyecto. Por cada 60 m<sup>2</sup> de área construida se puede reducir hasta 2 personas.

#### **Más ahorro en accesorios**

Los paneles Forsa Plus traen adheridos tres Pin Flecha para ahorrar tiempo en armado y evitar pérdida de accesorios y daños en el equipo, por golpes que éste pueda sufrir en el momento de la instalación.

#### **Más ahorro en resanes y consumibles**

Al tener menos Corbatas para unir los paneles de muro entre si, se puede ahorrar hasta un 75% en resanes y consumibles (Menor cantidad de fundas).

### **Más ergonomía y fácil desencofre**

Con las manijas integradas a los paneles de Forsa Plus, se facilita el armado y desarmado de los equipos, lo que genera mayor seguridad al operario y mayor productividad en las obras.

### **Más precisión y rigidez**

Con los perfiles extruidos machimbrados de los paneles, se obtiene menor deformación en la cara de contacto, con el fin de lograr mejores acabados del concreto y una mayor vida útil del equipo, protegiendo la inversión del constructor.

## **4.4. Fortalezas y Debilidades del Moldaje Aluminio**

### **4.4.1. Fortalezas**

- El uso de moldajes de aluminio ha sido un importante aporte a la velocidad de construcción y a la calidad de terminación. Sistemas de este tipo permiten que la misma cuadrilla pueda aumentar sus rendimientos de obra gruesa al doble, comparado con sistemas tradicionales de construcción.
- Son livianos y muy resistentes, con lo que se obtiene un armado rápido para vaciar el hormigón en ciclos diarios, en forma simultánea en muros y losas, tanto en casas como en edificación en altura.
- Los encofrados permiten ser manipuladas por una persona, sin requerir equipo adicional.
- Permiten construir una unidad de vivienda por día, bajando considerablemente los costos directos e indirectos de la obra.
- El nivel de acabados sobre la superficie de concreto es excelente, el tipo de acabados para el muro puede ser lisa o con textura.
- Un juego de moldajes se adapta a cualquier tipo de proyecto (viviendas, edificios, bodegas, penitenciarías, hoteles, etc.).
- Ofrecen entre 500 y más de 1500 reusos dependiendo de su material y mantenimiento.
- El sistema permite variar los espesores de muro de acuerdo a la determinación de los cálculos estructurales.
- Es posible el uso de elementos curvos en fachadas, muros diagonales, remates con tipo cornisa, todo integrado monolíticamente con la estructura.

#### ❖ Debilidades

- El personal no acostumbra a trabajar en equipo, por lo que siempre esperan instrucciones.
- Falta mano de obra especializada en el rubro.

#### 4.5. Comparación Entre Moldaje Tradicional y Moldaje de Aluminio

Tabla N°3: Cuadro Comparativo de Moldajes

| Moldaje Tradicional                                                                                                   | Moldaje de Aluminio                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| - Se transporta a través de grúas.                                                                                    | - Fácil de armar, desarmar y transportar manualmente.                                  |
| - Está condicionado a equipos que puedan re ubicar las piezas luego de ser utilizadas.                                | - Al ser mano portable, facilita la secuencia de descimbre y traslado de los moldajes. |
| - El vaciado se demora de 2 a 3 días.                                                                                 | - En un solo día se puede vaciar el concreto.                                          |
| - El proceso de hormigonado requiere de plazos más extensos, al ejecutar muros y losas como elementos independientes. | - Se puede hormigonar muros, pilares y losas en un mismo tiempo.                       |
| - Se ocupa mayor mano de obra.                                                                                        | - Se ocupa menor mano de obra.                                                         |
| - Genera un mayor costo de edificación.                                                                               | - Es más económico que el moldaje tradicional.                                         |
| - El moldaje tiene menor vida útil.                                                                                   | - El moldaje tiene mayor vida útil.                                                    |
| - Su eficiencia es menor respecto al costo y tiempo.                                                                  | - Mayor eficiencia respecto a costo y tiempo.                                          |
| - Posee excelentes resultados en la ejecución, respecto a la calidad.                                                 | - Tiene buenos resultados en su calidad.                                               |
| - Alta eficiencia ante sismos.                                                                                        | - Posee la misma eficiencia que el moldaje tradicional ante sismos.                    |

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.6. Análisis de la Importancia de Los Moldajes**

La importancia de los moldajes es vital, ya que en obras civiles y de edificación un gran porcentaje del costo del proyecto lo tiene la partida moldajes. Esto significa que por ser una partida incidente se debe buscar la mejor alternativa para entregar un buen producto y lograr permanecer entre los costos estimados para dicha partida.

El destino del moldaje es dar la forma definitiva que tendrá el hormigón, así como si queremos tener un muro curvo, por ejemplo, bastará con hacer o tener un moldaje que nos de la forma requerida. El moldaje es un tipo de construcción provisoria, porque luego de cumplir su función se desarma.

En obras civiles como túneles, se han incorporado sistemas de moldajes que permiten gran velocidad en el tema de las fortificaciones, logrando así reducir los costos de la obra en general y en puentes se puede decir que los sistemas de montaje de vigas y de moldaje para el hormigón de losas son decisivos al momento de construirlos.

En la edificación, los moldajes industrializados hacen posible que los elementos a construir tengan un muy buen grado de acabado, lo que implica gran ahorro en el ítem de terminaciones como ocurre con los estucos o enlucidos de yeso. Esto ha permitido que los arquitectos puedan proyectar sus edificaciones, lo que hace varios años atrás era casi imposible.

El uso de moldajes industrializados permite que los elementos a hormigonar mantengan su geometría y que se logre la estanqueidad de los encofrados, obteniéndose una pérdida mínima de lechada, lo que se traduce en la mantención de la calidad del hormigón, a ello se suma la rapidez y facilidad de colocación y de descimbre de ellos, generando avances que han hecho posible una reducción de los tiempos de obra gruesa, con la consiguiente entrega pronta de los proyectos.

## CONCLUSIONES

Es importante que se generen al momento de evaluar y ejecutar un proyecto que implique un sistema de moldajes a gran escala como lo es la aplicación de moldaje de aluminio, como así también agrupar estas pérdidas en los procesos más incidentes como mano de obra, maquinarias, materiales, calidad, rendimiento, seguridad, etc.

Por una parte, se tiene el sistema tradicional que lleva en el mercado ya 13 años de trayectoria, que es un sistema constructivo a considerar fuertemente en un proyecto, por su fácil obtención y su amplia accesibilidad al momento de arrendar, ya que, muchas empresas (proveedores) lo manejan. Por otra parte, el sistema constructivo de aluminio, es un encofrado que se instala por primera vez y fuertemente en el mercado chileno el año 201, dando excelentes resultados.

En general el mercado de los moldajes o encofrados en Chile, es bastante amplio, no existen muchos análisis que ayuden a decidir, objetivamente, entre un sistema u otro al momento de estudiar un proyecto, identificamos que las distintas constructoras optan por un sistema tradicional, por su trayectoria y buenos resultados, pero se espera, que a la luz de los nuevos avances tecnológicos y soluciones constructivas, en lo que respecta a construcciones de edificación en altura, este sistema sea un referente a considerar, y que estos análisis comparativos entre ambos métodos constructivos, no solo sirva para identificar cuál de ellos es el más efectivo al momento de abordar un proyecto de esta índole, sino que, más importante aún, sea una herramienta de apoyo para que las empresas tomen estos análisis y puedan ver de manera más clara el horizonte al que apunta este mercado, el de los encofrados en Chile.

Dicho lo anterior, se agrega que no todo se basa en el sistema de encofrado que se utilice, la lentitud e ineficiencia de los procesos y cada uno de los factores que influyen en los retrasos de un proyecto no son independientes unos de otros, si no que están relacionados. Si se tiene una mala planificación, un equipo con falta de conocimiento en el área, o no innovar en nuevas técnicas constructivas por miedo a que aumentaran los costos y pérdidas en el proyecto, esto, genera una estancamiento en los avances que se pueden obtener al momento de innovar en las distintas áreas, como mejorar los métodos constructivos y calidad del producto, optimizar y automatizar los procesos de logística y planificación, logrando así, un fácil y mejor manejo del proyecto e industrializando los procesos constructivos.

En términos generales la incorporación de un sistema Forsa a los proyectos de construcción en Chile, generan un ahorro en gran medida a las áreas más incidentes de un proyecto, como lo son la mano de obra y equipos, también considerar que por la calidad del producto terminado por efecto del complemento de un sistema de aluminio y un hormigón no tradicional genera un ahorro en plazos y costos del proyecto, concepto que aporta un valor agregado al rubro hoy en día.

En esta investigación se ha centrado específicamente en Moldajes para elaborar construcciones de hormigón armado sin duda al observar y analizar se encuentra los factores comunes que son: eficiencia, rendimiento y costo.

Además, se dio a conocer la evolución del moldaje hasta llegar al moldaje de aluminio, el cual presenta eficiencia en el encofrado tanto en tiempo como el costo, como lo indica la tabla comparativa.

Se recomienda:

Optar por el sistema de encofrado de aluminio, ya que sus componentes son los más adecuados para su manipulación y posee la durabilidad y rentabilidad que exigen los proyectos de interés social.

Promover que la mano de obra tenga una mayor formación en cuanto a encofrado y desencofrado por parte de las empresas comercializadoras del encofrado de aluminio, esto aseguraría la calidad del mismo.

En general, seleccionar una empresa que brinda asistencia técnica y servicios integrales de encofrados a las constructoras en este caso se recomienda a Forsa, quien está presente en distintas partes del mundo incluido Chile y es la misma que ha desarrollado a profundidad el diseño de los paneles en aluminio sobre los otros proveedores

## BIBLIOGRAFIA

Balestrini Acuña (2010). Como se elabora un proyecto de investigación. Caracas: Consultores Asociados Servicio Editorial.

CChC (2016). Manual de Moldajes. Santiago: Cámara Chilena de la Construcción.

Forsa (2017). Manual de Moldajes de Aluminio. Santiago: Forsa.

Guzmán E (1996). Curso Elemental de Edificación y Construcción General. Santiago: Universidad de Chile.

Heinrich A (2002). Tratado de la Construcción. Barcelona: Gustavo Gili.

Hernández Sampieri (2014). Metodología de la Investigación. México D.F: McGraw-Hill.

Hernández, Fernández & Baptista (2012). Metodología de la Investigación. México: McGraw- Hill.

<https://www.chilecubica.com/salud-y-seguridad-en-la-construcci%C3%B3n-l/elementos-de-seguridad/>

<http://constructorabbh.blogspot.com/2013/04/tipos-de-moldajes.html>

<http://strongforms.com/historia-del-encofrado-de-aluminio/>

Igoa, J. M (2001). Manual del constructor. Barcelona: Dummies.

Inacap (2019). Taller de Construcción. Antofagasta: Área Construcción, Instituto Profesional.

Jiménez Moreno, P (2018). Historia de los encofrados para hormigón: desde Thomas Edison al Habitat 67. (Moldes de concreto: pasado e futuro) <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/900935/historia-de-los-encofrados-para-hormigon-desde-thomas-edison-al-habitat-67>

Marín Villada A (2008). Metodología de la Investigación. Pereira: Universidad de Pereira.

Martínez, R (2017). NCh 353, Of 2000, Cubicación de Obra de Edificación, Requisitos. Santiago: Instituto Nacional de Normalización (INN).

Naghi M (2010). Metodología de la Investigación. México D.F: Limusa.

NCh 353, Of 2000 (2000). Cubicación de Obra de Edificación. Santiago: Instituto Nacional.

Ramírez (2014). Metodología de la Investigación. Buenos Aires: CIES.

Solminhact, H & Thenouxz, G. (2011). Procesos y Técnicas de Construcción, Santiago: Universidad Católica de Chile.

Tamayo y Tamayo (2014). El Proceso de la Investigación Científica. México D.F: Limusa.

SOLO USO ACADÉMICO