



“Aplicaciones y usos del sistema constructivo Spider Tie”

Proyecto de título para optar al título de Constructor Civil

Estudiante:
Manuel Alejandro Nuñez Godoy

Profesor guía:
Nicolás Moreno Sepúlveda

Septiembre 2020
Santiago, Chile

Agradecimientos.

A la Arq. María Soledad Estellano Alles, representante de Spider Tie System, Latinoamérica.

A Don Ricardo Padilla, Regional Manager Latinoamérica, sistemas de encofrado Western Forms.

A Eric Zamora Pérez, Key Account Manager & Project Manager, PERI Chile Limitada.

A mi amada esposa Ana Paula, y mi Hijo.

A mi profesor guía Nicolás Moreno.

A todos ustedes mil Gracias.

SOLO USO ACADÉMICO

Resumen.

En relación a la búsqueda de un sistema constructivo novedoso y satisfactorio a las necesidades del rubro de la construcción en Chile, se desarrolla este trabajo, cuyos objetivos principales son verificar la competitividad que tiene desde una visión técnica y económica del Sistema Constructivo Spider Tie, con respecto a la construcción tradicional en hormigón armado, considerando el sistema Peri One, tomando en consideración aspectos como la eficiencia, seguridad y costo.

El sistema de rigidización interna de moldaje, Spider Tie o tipo araña, es un sistema constructivo introducido en EE.UU., usado ya hace más de 7 años, basado en la utilización de grapas plásticas o lazos, entrelazados por una unión rápida. Esta pieza pasa a ser la estructura soportante interna del moldaje y de soporte de los refuerzos de acero al interior del muro a construir, los cuales posteriormente son llenados de una sola vez, con un hormigón Autocompactante.

La particularidad este sistema, es que permite el hormigonado de la estructura de muros de toda la envolvente de una sola vez, generando así una estructura monolítica una vez retirado el moldaje, proveyendo al sistema rigidez para soportar deformaciones y mejorando la productividad de la construcción.

El análisis desde el punto de vista económico, se realizará a través del desarrollo de una vivienda tipo, la cual se compara con el sistema constructivo el sistema Peri One, obteniendo los datos necesarios para validar la propuesta del sistema constructivo en estudio.

Palabras claves: Moldaje, Hormigón armado, hormigón autocompactante.

Summary.

In relation to the search for a new and satisfactory construction system to the needs of the construction field in Chile, this work is carried out, whose main objectives are to verify the competitiveness that it has from a technical and economic vision of the Spider Tie Construction System, with respect to the traditional construction in reinforced concrete, considering the Peri One system, taking into account aspects such as efficiency , security and cost.

The internal rigidization system of molding, Spider Tie or spider type, is a construction system introduced in the USA, used more than 7 years ago, based on the use of plastic staples or loops, intertwined by a quick joint. This piece becomes the internal supporting structure of the molding and support of the steel reinforcements inside the wall to be built, which are subsequently filled at once, with an Autocompacting concrete.

The particularity of this system, is that it allows the concreteing of the structure of walls of the entire envelope at once, generating a monolithic structure once the molding is removed, providing the system with rigidity to withstand deformations and improving the productivity of the construction.

The analysis from an economic point of view, will be carried out through the development of a type housing, which is compared with the construction system the Peri One system, obtaining the necessary data to validate the proposal of the construction system under study.

Key words: Molding, Reinforced concrete, self-compacting concrete.

INDICE

1	INTRODUCCION.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.	2
1.1.1.	Planteamiento de Objetivos.	2
1.1.2.	Objetivo General.	2
1.1.3.	Objetivos Específicos.....	3
1.1.4.	Metodología de Estudio.....	3
2	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Hormigón armado: Antecedentes históricos.....	4
2.2.	Hormigón armado en Santiago: un poco de historia.....	5
2.3.	Generalidades	6
2.4.	Hormigón armado.....	6
2.5.	Materiales	7
2.5.1.	Cemento.....	7
2.5.2.	Agua	10
2.5.3.	Áridos	11
2.5.4.	Aditivos	11
2.6.	Consideraciones básicas del hormigón Autocompactante.....	15
2.6.1.	Ventajas del HAC.....	16
2.6.2.	Materiales componentes del HAC	17
2.6.3.	Metodología de diseño.	19
2.6.4.	Ensayos para evaluar las propiedades del HAC.	20
2.7.	Acero de refuerzo	23
2.8.	Calidad del acero de Refuerzo	24

2.9.	Mallas Electrosoldadas	26
3	SISTEMAS DE MOLDAJE	28
3.1.	Tipos de moldaje.....	28
3.1.1.	Tipos moldaje según su uso:.....	28
3.1.2.	Tipos de moldaje Según su material de Fabricación.....	33
3.1.3.	Tipo de moldaje según su forma de trabajo.	34
3.2.	Presión del hormigón sobre los encofrados.	37
3.3.1.	Efecto del ritmo de vaciado del hormigón.....	38
3.3.2.	Efecto de la temperatura	38
3.3.3.	Efecto de la dosificación de la mezcla.....	39
3.3.4.	Efecto del asentamiento	40
3.3.5.	Efecto del método de consolidación del hormigón	40
3.3.6.	Efecto del impacto	40
3.3.7.	Efecto del acero de refuerzo.....	41
3.3.8.	Efecto de la altura de colocación del hormigón	41
3.3.	41
4	Sistema constructivo de rigidización interna de moldaje: <i>Spider Tie</i>	41
4.1.	Consideraciones especiales	45
4.1.1.	Encuentros de planchas.	46
4.1.2.	Encuentros Muros.....	46
4.1.3.	Aplomadores:.....	46
4.1.4.	Aislación entre muros:	46
4.2.	Techumbre de hormigón.	48
5	Sistema Peri One: Monolithic Housing Formwork.....	49

5.1.	Metodología de Colocación y Desencofrado.....	50
5.1.1.	Estanqueidad del Sistema.....	51
5.1.2.	Desencofrado del sistema UNO.....	52
6	Western Forms: Wall Form System.....	53
6.1.	Accesorios del sistema Wester Forms.....	55
7	Comparación económica entre moldajes.....	57
8	Comentarios y Conclusiones.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	Anexo Nº1. Refuerzo de madera entre planchas, Sistema Spider Tie.....	65
	Anexo Nº2. Refuerzo de encuentro de muro, Sistema Spider Tie.....	66
	Anexo Nº 3. Montaje del sistema, detalle de piezas de Encofrado Wester Forms.....	67
	Anexo Nº 4. Montaje del sistema, detalle de piezas de encofrado Peri UNO.....	68

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen N° 1.Ensayo de escurrimiento, según NCh 3313.	20
Imagen N °2.Ensayo de caja L	21
Imagen N° 3.Ensayo tipo U.....	21
Imagen N° 4.Ensayo de embudo	22
Imagen N° 5. Diagrama de cargas en un muro de Hormigón (Fuente: Construcción y estructura Náutica 2007).....	23
Imagen N° 6.Comparación del acero tradicional v/s Malla electrosoldada (Fuente: Instituto Chileno del Hormigón, ICH)	26
Imagen N° 7.Elementos que componen un moldaje para muros. (Manual de moldajes CChC,2014).	30
Imagen N° 8.Elementos que componen un moldaje de pilares y columnas. (Manual de moldajes, Cámara Chilena de la Construcción, 2014)	31
Imagen N °9.Moldaje de madera Selex.....	34
Imagen N °10.Montaje de losa colaborante. (Fuente: Manual de moldajes, CChc, 2014)	36
Imagen N° 11.Presión que ejerce el hormigón sobre el encofrado. (Fuente:internet).....	38
Imagen N° 12.Piezas de plástico internas del muro Spider Tie. (Fuente:internet).....	42
Imagen N° 13. Pieza de inicio, Starter Tie. (Fuente: MC Donagh (2013) Technical Drawings, Spider Tie)	43
Imagen N° 14.Ubicación de acero de refuerzo para muro de hormigón con malla Central. (Fuente: Manual de detallamiento casas 1 y 2 pisos, Hormigón armado, ICH)	43
Imagen N° 15.Construcción de los vanos de ventanas en el desarrollo de muros, con el sistema Spider Tie.....	45
Imagen N° 16.Instalación de planchas de poliuretano expandido, dentro de muros con sistema Spider Tie.....	47
Imagen N° 17.Cuña de Apriete para muros, sistema Peri One. (Catalogo sistema UNO 2015)..	50
Imagen N°18.Barra de atado del Sistema de UNO. (Catalogo Sistema UNO, 2015)	51
Imagen N° 19.Puntal con cabezal de caída del Sistema UNO. (Catalogo Sistema UNO, 2015) .	52

Imagen N° 20.Transición entre muro y losa Sistema UNO (Catalogo Sistema UNO, 2015	52
Imagen N° 21.Dimensiones de los paneles del sistema Western Forms.	53
Imagen N° 22.Tapas de muros en vanos de puertas y ventanas del sistema Western Forms.....	54
Imagen N° 23.Accesorio Pinlock adosado.	55
Imagen N°24. Corbata reutilizable de acero al carbón.....	55
Imagen N °25.Corbata de transición para losa tipo U.....	56
Imagen N° 26.Cuña de apriete en cada extremo de las corbatas con martillo especial.....	56
Imagen N °27.Planta Vivienda tipo de Hormigón armado, para caso supuesto. Elaboración Propia.	57

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Clasificación de los cementos según composición. Fuente (Compendio Tecnología del hormigón).....	8
Tabla N° 2. Clasificación de los cementos según sus resistencias.	8
Tabla N° 3. Clasificación del hormigón por resistencia mecánica. Fuente Nch 170 of 2006.	9
Tabla N°4. Normas que rigen los ensayos de cemento. Fuente(Compendio tecnología del hormigón).....	10
Tabla N° 5. Rangos permitidos en el uso de agua potable con origen desconocido. Fuente (Elaboración propia)	10
Tabla N° 6. Adiciones que modifican las propiedades del Hormigón.	14
Tabla N°7. Clasificación del HAC, según material componente. (Sciaraffia,2005)	17
Tabla N°8. Identificación del acero de refuerzo (Fuente: RONDON, C. (2005). Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. Fabricación, Instalación y Protección. Chile: Gerdau AZA)	25
Tabla N° 9. Propiedades mecánicas mínimas del acero de refuerzo (Fuente: RONDON, C. (2005). Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. Fabricación, Instalación y Protección. Chile: Gerdau AZA)	25
Tabla N° 10. Características de un muro de hormigón armado de 10 cm. (Fuente: Leonardo Gálvez, (2018). Radiografía a la construcción con sistema monolítico en Chile)	27
Tabla N°11. Máxima presión lateral en el diseño de moldajes de muros según T° (Fuente: Manual del constructor, Grupo Polpaico Chile, Pág. 236)	39
Tabla N° 12. Longitud mínima empalmes por traslape en barras en compresión (Fuente: Manual de armaduras para refuerzo de Hormigón, Gerdau Aza)	44
Tabla N° 13. Superficie en m ² para cada sistema constructivo.	58
Tabla N° 14. Tipos de cambio.	58
Tabla N° 15. Rendimiento por tipología de moldaje. Fuente: (Corporación desarrollo tecnológico, CDT).	59
Tabla N° 16. Plazo de ejecución según tipo de moldaje.	59
Tabla N° 17. Costo m ² sistema Spider Tie.	60

Tabla N° 18. Costos por UF/m² de cada sistema en estudio. 60

SOLO USO ACADÉMICO

1 INTRODUCCION

La construcción de viviendas con muros de hormigón armado es cada vez más frecuente en Chile, gracias a sus ventajas de rapidez en su ejecución y calidad de terminación. En la última década la participación a nivel nacional en la construcción de viviendas de hormigón armado, ha tenido un aumento significativo, alcanzando en la Región Metropolitana, en estadísticas de julio del 2019 un 44.85% de participación, por materialidad a nivel de m² construidos con este sistema constructivo, respecto a su competencia directa, la construcción en albañilería, que alcanzó un 38,82 % en el mismo periodo de tiempo, considerando los últimos 12 meses en ese periodo. (Instituto Nacional del Cemento y el Hormigón, ICH, Centro de Estadísticas, Santiago, octubre 2019).

La presente tesis tiene como objetivo exponer de forma clara y concisa, que el sistema constructivo en estudio, es una alternativa viable a las necesidades constructivas en la industria de la construcción en Chile, aplicando en su desarrollo la normativa vigente que contempla.

1.1. Planteamiento del problema.

La construcción en nuestro país está en una coyuntura económica importante, en donde los costos de construcción son cada vez más relevantes de manera de aumentar la rentabilidad, además de lograr un sistema cada vez más industrializado, para lograr proyectos con el mínimo gasto en reparaciones en la etapa de obra gruesa.

Siendo el Hormigón, uno de los materiales más utilizados como solución constructiva en el país, (INE 2019) con su excelente capacidad de ser moldeado a voluntad, sus capacidades mecánicas y de durabilidad, lo hacen un material ideal para diversos tipos de estructuras.

La aplicación limitada o casi nula del sistema constructivo Spider Tie en nuestro país, obedece a la falta de información y contar con los detalles técnicos, de allí la necesidad de este documento.

1.1.1. Planteamiento de Objetivos.

1.1.2. Objetivo General.

Demostrar que nuevas técnicas constructivas en el campo de la construcción de viviendas, pueden ser aplicadas en Chile, en este caso el uso del Sistema constructivo Spider Tie a través de la comparación con el sistema Peri One.

1.1.3. **Objetivos Específicos.**

- Conocer los elementos que componen el sistema Spider Tie
- Conocer los elementos que componen el sistema Peri One.
- Conocer las ventajas y desventajas de construir con el sistema Spider Tie en comparación con Peri One
- Dar a conocer el proceso constructivo del sistema Spider Tie y Peri One
- Analizar los costos asociados a la construcción de una vivienda con el sistema Spider Tie y Peri One
- Proponer el tipo de hormigón a emplear en el sistema que corresponde a un del tipo Hormigón Autocompactante (HAC).
- Entender los alcances a nivel de seguridad de estas viviendas, frente a inclemencias del clima, incendios etc.

1.1.4. **Metodología de Estudio.**

La realización de este trabajo de investigación está basada en el siguiente proceso metodológico:

- Recopilar información y antecedentes técnicos para cada tipo moldaje.
- Obtener los precios de venta y arriendo, de los encofrados usados para la evaluación.
- Obtener rendimientos para cada tipo de moldaje
- En base a los resultados obtenidos, realizar un comparación técnica y económica.

2 MARCO TEÓRICO

2.1. **Hormigón armado: Antecedentes históricos**

Desde tiempos antiguos, las arenas de origen volcánico que poseían propiedades cementicias se hallaban en diversos sectores del mediterráneo. Al momento de mezclar estas arenas con cal, se forma un mortero con propiedades distintas al mortero actual de cemento. La isla griega de Santorini, es un ejemplo donde el suelo volcánico es aun deseado como material de construcción. (Perles, P. (2003).

En el imperio Romano, la construcción de hormigón alcanzo tal grado de sofisticación, que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX, esto a raíz de la gran a habilidad constructiva de los romanos y al fácil acceso de conseguir arenas volcánicas con propiedades cementicias cerca de Roma.

El uso de hormigón armado data desde hace más 150 años, considerando la primera patente del jardinero parisino, Joseph Monier que lo uso en 1868, en forma inicial para usos relacionados con recipientes de jardinería, y más tarde para su uso en vigas y otras estructuras en obras de ferrocarriles. (Construcción y estructura Nautica,2007)

Hoy en día el estudio y aplicación del hormigón armado como lo conocemos, permiten su uso en el desarrollo de múltiples estructuras complejas, gracias a sus características propias de durabilidad y resistencia a la compresión.

2.2. Hormigón armado en Santiago: un poco de historia.

A fines del siglo XIX, a partir de 1900, fue cuando se inició con mayor intensidad la innovación tecnológica en el ámbito arquitectónico local, dando el impulso inicial, en la introducción del hormigón armado en Santiago.

Entre dichas innovaciones se cuentan la aparición del hormigón armado (1854) y la incorporación del acero y el vidrio pavé o verre pavé (1930), nuevos materiales que ampliaron de manera decisiva los horizontes del diseño constructivo: "...con la invención del cemento armado, una evolución se ha producido ya. No hay partes separadas, y debemos considerar el conjunto de la construcción, en lo que se refiere a la estructura general, como un block, en monolito. Es evidente que la aplicación de esta nueva teoría dará por resultado un aspecto diferente al de los antiguos edificios" (Carré, José, citado en Fuentes, Pablo. Antecedentes de la arquitectura moderna en Chile. Concepción: Ediciones Universidad del Bío-Bío, 2009, p. 211).

El año 1906 señala el inicio de la producción industrial de cemento en Chile, fecha que es cercana a la que constituiría, según algunos autores, la primera manifestación del uso del hormigón armado en el ámbito propiamente arquitectónico. Ello correspondería a una obra proyectada cerca del 1900 por el ingeniero y arquitecto Francés, avecindado en Chile, Eugenio Joannon Croizier a quien, por lo expuesto, se le considera uno de los que introdujeron el uso de este material en la arquitectura actual. (Duarte, P. (2009). Innovación constructiva a principios del siglo XX: Preámbulo a la modernidad arquitectónica y arquitectura subestimada. Revista de Arquitectura, 15(20), pág-20.)

2.3. Generalidades

Los sistemas constructivos son un conjunto de elementos, materiales, técnicas procedimientos, equipos y herramientas que son característicos de una edificación en particular.

Estos sistemas constructivos varían en su aplicación, dependiendo de factores tales como; clima, ubicación geográfica, relación costo/beneficio y conocimiento del sistema a aplicar. Dentro de los sistemas tradicionales más utilizados y de los cuales se tiene más información en su aplicación, están; construcción en albañilería, construcción en acero, construcción en hormigón armado y construcción en madera. (Hernán de Solminihac T. / Guillermo Thenoux Z.(2008). Tecnologías de construcción. En: Procesos y técnicas de construcción. (pp.327-436). Santiago: Ediciones Universidad católica de Chile).

Como se ha mencionado, uno de los materiales de construcción más importantes hoy en día es el hormigón, ya que la tecnología en su aplicación está muy avanzada, siendo posible construcciones de las cuales el 90 al 95 % de ellas está construida de ese material, sumando a ello el aporte de los aditivos, que nos permiten mejorar características del material del Hormigón, y nos permiten obtener construcciones de gran relevancia y además cumpliendo al máximo los requisitos exigidos.

2.4. Hormigón armado

El hormigón es un material compuesto por cemento, agua, arena, grava y, ocasionalmente, por algunos productos adicionales que se incorporan a la mezcla, ya sea para acelerar o retardar su fraguado, o para otorgarle una mayor fluidez, o bien para suministrarle alguna propiedad específica tal como impermeabilidad, color, resistencia al desgaste superficial, etc. (Páez, A. (1986). Hormigón armado. Reverté.)

La técnica constructiva del hormigón armado, consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras de o mallas de acero, llamadas armaduras. (Construcción y Estructura Nautica,2007)

No es parte de este documento el estudio por separado de cada uno de los materiales que componen el hormigón armado, pero si es necesario interiorizar en cada uno de ellos, ya que tienen directa relación con su aplicación.

2.5. Materiales

2.5.1. Cemento.

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes hidráulicos. Esta designación abarca aquellos aglomerados que endurecen una vez mezclados con el agua y al mismo tiempo resisten a esta.

Se obtiene el cemento a partir de la cocción a 1350° C de piedras calcáreas que contengan más de un 22% de arcilla, lográndose así el clínker, el que finalmente es pulverizado para que adquiera poder aglomerante.

Este polvo está constituido por aluminatos tricálcicos, silicatos tricálcicos, y silicatos bicálcicos, los que reaccionan en ese orden, en presencia de agua. (Perles, P. (2003). Hormigón armado, Nobuko.)

El hormigón es una mezcla homogénea compuesta por una pasta adhesiva de cemento Portland o con adiciones y agua, manteniendo así, de forma cohesiva, las partículas de materiales inertes, compuestos por agregados gruesos y finos.

Existen también los cementos Portland con adiciones o especiales, los que, a la vez de mantener las características del portland, poseen otras propiedades relacionadas con la durabilidad, resistencia química, etc.

2.5.1.1. Clasificación de los cementos fabricados en Chile

Existen diferentes tipos de cemento, esencialmente se emplean aquellos denominados cementos especiales y cementos de alta resistencia, que cumplan con la norma Nch 148.

Denominación	Proporción de los componentes		
	Clinker	Puzolana	Escoria
Portland	100%	-	-
Portland Puzolánico	$\geq 70\%$	$\leq 30\%$	-
Portland Siderúrgico	$\geq 70\%$	-	$\leq 30\%$
Puzolánico	50-70%	30-50%	-
Siderúrgico	25-70%	-	30-75%

Tabla N°1. Clasificación de los cementos según composición. Fuente (Compendio Tecnología del hormigón)

GRADO	Tiempo de Fraguado		Resistencia Mínima			
			Compresión		Flexión	
	Inicial (min)	Final (min)	7 días Kgf/cm ²	28 días Kgf/cm ²	7 días Kgf/cm ²	28 días Kgf/cm ²
Corriente	60 min.	12 h.	180	250	35	45
Alta resistencia	45 min.	10 h.	250	350	45	55

Tabla N° 2. Clasificación de los cementos según sus resistencias.

2.5.1.1.2. Cemento grado Corriente

Corresponden a los cementos diseñados con altos contenidos de adiciones (superiores a 30 %), entre ellas puzolanas o escorias de alto horno, que se traduce en una velocidad de desarrollo de resistencias mecánicas más bajas a corto plazo.

2.5.1.1.3. Cemento Alta resistencia

Corresponden a aquellos que se formulan con un mayor contenido de clínquer (superior al 70%), que se traduce en una velocidad de desarrollo de resistencia mecánicas mayor, a temprana edad.

2.5.1.2. Clasificación del hormigón por resistencia mecánica

El hormigón se clasifica según su resistencia específica a la compresión, f_c , determinada en probetas cilíndricas de 150mmx300mm.

Grado	Resistencia especificada f_c Mpa
G05	5
G10	10
G15	15
G17	17
G20	20
G25	25
G30	30
G35	35
G40	40
G45	45
G55	55
G60	60

Tabla N° 3. Clasificación del hormigón por resistencia mecánica. Fuente Nch 170 of 2006.

2.5.1.3. Normativa

Características	Norma de Ensayo
Densidad real	NCh 154
Tiempo de Fraguado	NCh 152
Consistencia Normal	NCh 151
Finura Sistema Blaine	NCh 159
Finura Sistema Wagner	NCh 149
Finura por tamizado	NCh 150
Resistencia	NCh 158
Calor de Hidratación	ASTM C 186
Expansión Autoclave	NCh 157

Tabla N°4. Normas que rigen los ensayos de cemento. Fuente (Compendio tecnología del hormigón)

2.5.2. Agua

El agua para el uso de hormigones debe cumplir con la norma Nch 1498, el agua potable tal como la conocemos cumple con estas exigencias.

Cuando se utiliza agua de origen desconocido debe ser analizada y debe cumplir con los siguientes parámetros:

Valor pH	6 a 9,2	NCh 413
Sólidos en suspensión	< 2000 mg/l	NCh 416
Sólidos disueltos	< 15000 mg/l	NCh 416
Materias orgánicas (como oxígeno consumido)	< 5 mg /l	NCh 1498

Tabla N° 5. Rangos permitidos en el uso de agua potable con origen desconocido. Fuente (Elaboración propia)

Las condiciones químicas mencionadas para el agua de amasado son exigidas por razones de la adquisición de las resistencias mecánicas y la durabilidad del hormigón.

2.5.3. Áridos

Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables, además se cuentan con áridos artificiales (arcilla expandida, perlita de poliestireno expandido, etc.). Los áridos naturales pueden ser de canto rodado o chancado. Los áridos artificiales se pueden utilizar para lograr algunas propiedades especiales del hormigón, un ejemplo de ello es el hormigón liviano (De Solminihac, H. (2011). Procesos y técnicas de construcción. Ediciones UC.)

Usualmente representan el 80% al 90 % del peso total de hormigón, por tanto, son responsables en gran medida de las características del mismo.

En el hormigón recién preparado, o en estado fresco, el agregado grueso permite la movilidad de la mezcla, lubricando las partículas del agregado, en este aspecto también participa el agregado fino (arena).

La NCh 163, establece las condiciones que deben cumplir los áridos para su buena integración en el hormigón.

Para el caso del hormigón autocompactante se deben tener agregados finos en mayor cantidad para las condiciones necesarias de consistencia y cohesión.

2.5.4. Aditivos

Al momento de la mezcla del hormigón, se agregan sustancias que permiten modificar sus propiedades, a fin de mejorar sus condiciones de uso, según las necesidades particulares de cada caso.

El uso y dosificación se debe hacer rigurosamente de acuerdo con las condiciones del proveedor y es muy recomendable hacer hormigones de prueba con los mismos materiales que se usaran luego en obra.

Los aditivos en Chile están normados bajo la Nch 2182.

Dependiendo del aditivo a usar, este le confiere algunas de las siguientes cualidades:

- Trabajabilidad
- Consistencia

- Impermeabilidad
- Durabilidad
- Acelerador de endurecimiento
- Retardador de endurecimiento.

2.5.5.1. Aditivos Plastificantes.

Por su acción le conceden al hormigón un incremento de la fluidez a la mezcla, mejorando así, la trabajabilidad sin necesidad de agregar mayor cantidad de agua para aumentar el asentamiento, y sin disminuir su resistencia.

Su utilización en la dosificación varia en un 0.2% a 0.5 % del peso del cemento, y se aplican disolviéndolos previamente en parte del agua del amasado

Aumentan la docilidad, esto permite la colocación del hormigón en estructuras complejas, con alta densidad de armaduras sin riesgo de segregación o la aparición de nidos de piedra.

2.5.5.2. Aditivos Superplastificantes o fluidificantes.

Estos tipos de aditivos aumentan considerablemente la trabajabilidad del hormigón, sin la necesidad de modificar la cantidad de agua. Con este aditivo obtenemos un hormigón muy fluido (autonivelante), de baja tendencia a la segregación.

Además, pueden utilizarse como reductores de agua, siendo posible, dado su efecto defloculante, disminuyen la cantidad de agua entre un 20 % y un 30%. Esto da como resultado un fuerte incremento en las resistencias, especialmente en las primeras edades, por lo que suelen utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para hormigones de alta resistencia.

Las dosis empleadas son mayores que en los plastificadores reductores de agua,(0.8 a 3%) y pueden ser agregados al final del amasado sin necesidad de diluir previamente en el agua.

2.5.5.3. Incorporadores de aire.

El aire incorporado introduce burbujas muy pequeñas, de 25 a 250 micrones, las que se comportan como un agregado fino, esto mejora la trabajabilidad y permite la reducción de la cantidad de agua, y con ello, de cemento, disminuyendo la construcción de endurecimiento. Se especifica en estructuras que estarán sometidas a ciclos de hielo y deshielo.

En el caso del hormigón autocompactante se pueden emplear para incrementar la cohesión interna.

2.5.5.4. Aceleradores de fraguado.

Pueden ser utilizados para compensar los efectos retardadores que las bajas temperaturas que se generan en climas muy fríos, o cuando se desea ocupar la estructura rápidamente. Su uso se justifica cuando se necesita aumentar las resistencias iniciales, se debe tener en cuenta que se deben esperar bajas en las resistencias finales que los hormigones comunes.

2.5.5.5. Retardadores de fraguado.

Frecuentemente son utilizados por plantas elaboradoras de hormigón, cuando el trayecto a recorrer por los camiones transportadores es muy largo, o muy lento y fundamentalmente en épocas de altas temperaturas.

2.5.5.6. Adiciones.

Son materiales de naturaleza inorgánica, que se agregan al hormigón en estado fresco en grandes cantidades, estos materiales suelen usarse para cambiar algunas propiedades físicas o mecánicas del hormigón una vez endurecido.

Entre las adiciones que pueden emplearse en los hormigones para mejorar las resistencias mecánicas y fundamentalmente su impermeabilidad y durabilidad, se caracterizan por tener un alto contenido de sílice que se combina con el hidróxido de calcio y generan cristales de silicato de calcio hidratado, la más empleada en nuestro país es la microsíllice.

Las adiciones activas empleadas a nivel mundial son las cenizas volantes y la microsíllice.

Además de las mencionadas, en algunas oportunidades se recurre a ciertos materiales para modificar ciertas propiedades del hormigón, en donde se pueden mencionar:

Escorias metálicas ⇒	Obtener densidades mayores o incrementar las resistencias al desgaste de pavimentos industriales.
Fibras metálicas, polipropileno, fibra de vidrio AR ⇒	Mejorar el comportamiento a la flexotracción.

Tabla N° 6. Adiciones que modifican las propiedades del Hormigón. Fuente (Elaboración Propia)

2.6. Consideraciones básicas del hormigón Autocompactante.

Considerando que el hormigón que se debe usar en el sistema Spider Tie, debe ser autocompactante, es importante abordar tecnológicamente este material, principalmente en lo que concierne a su diseño y evaluaciones que deben considerarse, especialmente en estado fresco.

El hormigón autocompactante, se define como aquel hormigón capaz de fluir en el interior del encofrado o molde, llenándolo de forma natural, pasando entre las barras de refuerzo y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso (gravedad), sin ayuda de medios mecánicos de compactación, y sin que se genere segregación en sus componentes.

La tecnología del hormigón autocompactante o SCC, por sus siglas en inglés o HAC, en español, y los aditivos químicos utilizados en su desarrollo, fueron introducidos en Chile a comienzos del año 2000, a través de la empresa Sika S.A.

El origen del desarrollo de este tipo de hormigón se produjo en la Universidad de Tokio, bajo la dirección del equipo del profesor Okamura, en el año 1986, que buscaba obtener un hormigón, que permitiera rellenar los moldajes y recubrir adecuadamente la armadura de cimentaciones y nudos muy armados con zonas de difícil paso al hormigón en edificios de altura en zonas sísmicas. Desde ese periodo, se han llevado diversas investigaciones, en diferentes países, con el fin de encontrar una dosificación óptima y económica, que garantice un buen comportamiento del hormigón fresco, así como sus propiedades mecánicas (Skarendahl y Petersson, 1999; Osawa y Ouchi, 2011; Wallevik y Nielson 2003; Shah, 2005; De Schutter y Boel, 2007), entre otros.

2.6.1. Ventajas del HAC

Mediante el uso del hormigón autocompactante, la etapa de vibrado se elimina completamente, gracias a que el hormigón se consolida por su propio peso. Las ventajas de este hormigón también repercuten en aspectos medioambientales, al reducir los ruidos, en especial en plantas de prefabricación y obras en entornos urbanos.

El uso del HAC en el mercado de la construcción, tanto en empresas constructoras como de elementos prefabricados, radica principalmente en las ventajas técnicas que posee:

- Asegurar la impermeabilidad y durabilidad de las estructuras.
- Aumentar la productividad.
- Hormigonar elementos delgados y de formas complejas.
- Reducir espesores.
- Mejorar terminación superficial.
- Eliminar las reparaciones por mala compactación.
- Eliminar el ruido debido a vibración.
- Asegurar la consolidación en la estructura, especialmente en elementos fuertemente armados.
- Acortar los plazos de construcción.
- Mayor velocidad de colocación.
- Facilidad en el bombeo.

Dentro de las desventajas que podemos mencionar en relación al uso del HAC, es el aumento del costo en relación al hormigón convencional, mayor costo de mano de obra en actividades de preparación e instalación de sistemas de moldaje, mayor costo por capacitación de personal, mayor costo de moldajes por reforzamiento y/o rediseños y mayor costo por materiales que aumentan la estanqueidad del moldaje.

2.6.2. Materiales componentes del HAC

Los materiales que son utilizados en el desarrollo del HAC en general son los mismos que se utilizan en los hormigones convencionales, a diferencia solo del uso de arena fina o “filler”, y el uso de aditivos superplastificantes, viscosantes y eventualmente incorporadores de aire.

Los superplastificantes como se mencionó anteriormente, cumplen el objetivo de mejorar significativamente la trabajabilidad de la mezcla, para un contenido de agua constante, mientras que los viscosantes cumplen el objetivo de aumentar la viscosidad de la pasta y su mecanismo consiste en adherirse a los granos del cemento como a las moléculas de agua.

Los incorporadores de aire mejoran la trabajabilidad gracias a que las burbujas de aire formadas en el hormigón fresco actúan al mismo tiempo como un fluido, aumentando la docilidad de la mezcla y permitiendo un deslizamiento con un mínimo de roce. (Salazar, R. V., & Pérez, R. S. (2011). Design and evaluation of Self-consolidating Concrete (SCC). Revista Ingeniería de Construcción, 21(1), 57-70.)

Las mezclas de HAC se pueden clasificar según el material que lo compone, o según la característica de la estructura a hormigonar. En relación a su clasificación por materiales, existen 2 tipos; tipo 1, diseño de mezcla en que se reduce la relación agua/cemento, incrementando el contenido de cemento como de finos y no utilizando aditivos viscosantes. Los tipos 2 son mezclas diseñadas con aditivos viscosantes, como función principal de reemplazo de finos.

Tipo	Cemento	Finos	Aditivo	
			Superplastificante	Viscosante
1	Si	Si	Si	No
2		No	Si	Si

Tabla N°7. Clasificación del HAC, según material componente. (Sciaraffia,2005)

La clasificación por tipo de estructura, fue propuesta por la asociación japonesa de Ingenieros en hormigón, y se basa en el espacio mínimo, la densidad de la armadura y en la geometría de la estructura, distinguiendo 3 rangos:

Rango 1: Geometrias complicadas y densidad de armadura mayor a 350 kg/m^3 .

Rango 2: Elementos estructurales y densidad de armadura entre 100 y 350 kg/m^3 .

Rango 3: Elementos con grandes areas y densidad de armadura bajo 100 kg/m^3 .

El HAC cuenta con propiedades que lo definen como tal, tanto en estado fresco como en estado endurecido. En estado fresco encontramos la fluidez, la cual corresponde a la capacidad de llenar el moldaje, dejando completamente recubiertas las armaduras. La propiedad se cuantifica por la magnitud del escurrimiento y por la velocidad de deformación. Otra propiedad es el bloqueo, que es la habilidad para pasar a través de secciones estrechas del moldaje con áreas de gran densidad de armadura, sin que se produzca un atascamiento de la mezcla.

La estabilidad es la habilidad del hormigón en estado fresco de mantener su homogeneidad, es decir, evitar la segregación de sus componentes y la exudación.

En estado endurecido, encontramos la distribución de aire, que corresponde a la capacidad del hormigón de lograr una distribución homogénea del contenido de aire, logrando así, un núcleo de porosidad distribuida y una superficie lisa.

Por otra parte, la resistencia al asentamiento plástico, que es la capacidad del hormigón de lograr un reacomodo total de la mezcla, sin dejar vacíos bajo y sobre la armadura u otros elementos dentro del moldaje.

2.6.3. Metodología de diseño.

La metodología de diseño se define en dos etapas principales, en una primera etapa, se determina el punto de saturación entre la pasta de fino con el aditivo superplastificante. Para determinar este punto de saturación se utiliza el ensayo dictado en la norma NCh 2257/4, en la cual se puede observar que la viscosidad sigue una forma descendente hasta alcanzar el punto óptimo, una vez determinada la cantidad de aditivos se procede con una segunda etapa.

En esta segunda etapa se evalúan las mezclas de hormigón considerando diferentes proporciones de áridos grueso y arenas, en función del elemento a hormigonar y considerando la altura del elemento, espacio mínimo entre armaduras y densidad de armadura, eligiendo así, los ensayos para evaluar las mezclas de hormigón. A modo de ejemplo, en el diseño de pilares se busca obtener propiedades de estabilidad y bajo bloqueo, por lo que se escoge menores tamaños máximos de áridos y se utilizan ensayos como la columna de segregación, embudo y caja L. Para el diseño de losas se busca obtener una buena fluidez y un bajo bloqueo, predominando un mayor tamaño máximo de áridos, utilizando para ello ensayos tales como, la caja L, el tubo U y embudo.

Una vez obtenida la mezcla de mejor comportamiento en laboratorio se deberá verificar que los materiales y aspectos constructivos, tanto en planta como en terreno permitan la obtención y buen rendimiento de la mezcla.

2.6.4. Ensayos para evaluar las propiedades del HAC.

2.6.4.1. Ensayo de escurrimiento de cono.

Uno de los ensayos más frecuentes realizados al HAC en estado fresco, es el ensayo de escurrimiento, regido por la NCh 3313-2007. Este ensayo consiste en medir la capacidad de escurrimiento de la mezcla, a través del cono de Abrahams, el cual es llenado en una sola capa. Una vez enrasado la mezcla en su zona superior, se retira el cono de forma vertical y continua, una vez que la mezcla deje fluir, se miden los diámetros mayores y de esta forma se obtiene la medida del escurrimiento como el promedio de ambos diámetros. En caso en que difieran por más de 50 mm, el ensayo se considera como no valido.



Imagen N° 1. Ensayo de escurrimiento, según NCh 3313.

2.6.4.2. Ensayo de la caja L

Este tipo de ensayo consta de una columna desde la cual escurre el hormigón a través de armaduras espaciadas a una distancia determinada. Se mide la diferencia de altura

en el hormigon entre los puntos inicial y final. La altura final debe ser mayor a 80% de la altura inicial.



Imagen N°2. Ensayo de caja L

2.6.4.3. Ensayo tipo U

En este ensayo, el grado de autocompactación puede ser indicado por la altura que el hormigon alcanza despues de fluir a travez de un obstaculo. El hormigon que alcanza una altura de 300 mm puede ser considerado como autocompactante.

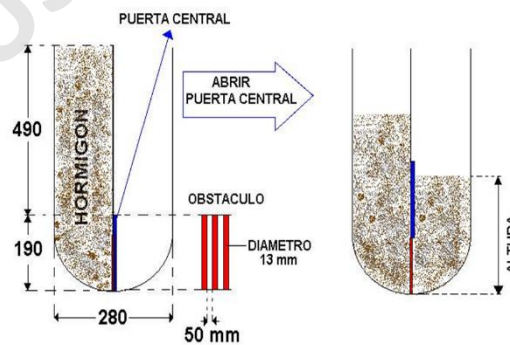


Imagen N° 3. Ensayo tipo U

2.6.4.4. Ensayo embudo V

Este ensayo se utiliza para determinar la viscosidad de la mezcla. Se mide el tiempo que demora la mezcla en escurrir del embudo.



Imagen N° 4. Ensayo de embudo

2.7. Acero de refuerzo

La utilización de acero cumple la misión de transmitir los esfuerzos de tracción y esfuerzos cortantes a los que está sometida la estructura. El hormigón tiene gran resistencia a la compresión, pero su resistencia a tracción es reducida.

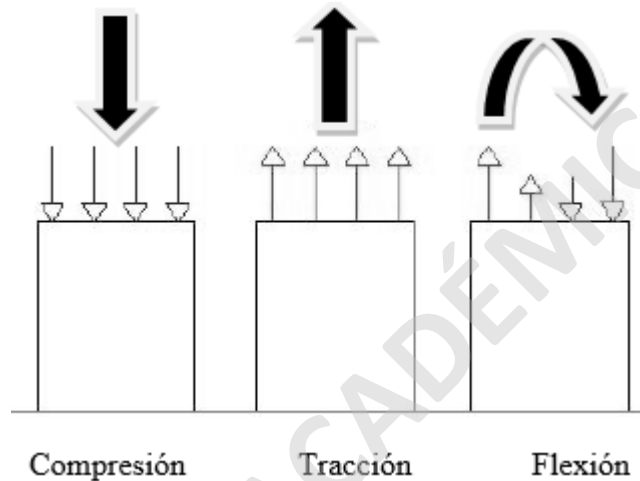


Imagen N° 5. Diagrama de cargas en un muro de Hormigón (Fuente: Construcción y estructura Náutica 2007)

Las barras de refuerzo instaladas según estudio estructural, en cada elemento que componen una vivienda de hormigón armado; muros, losas, y vigas, le confieren la capacidad de resistir a los esfuerzos a la cual es sometida. Los esfuerzos a compresión son resistidos por el hormigón y la tracción, flexión y corte son resistidos por las barras de acero.

2.8. Calidad del acero de Refuerzo

Las barras de refuerzo para hormigón armado deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma NCh 207 of 77: Barras laminadas en caliente para hormigón armado, existiendo dos formatos; Barras (Lisas y con resaltes) y Mallas (Electro soldadas).

Barra redonda lisa: Es aquella cuya sección transversal es uniforme en todo su largo. En Chile, solo se fabrica en la calidad de acero A44-28H y en el diámetro de 6 mm.

Barra con resaltes: Es la barra con nervios longitudinales (a lo largo) y con resaltes perpendiculares o inclinados con respecto a su eje, los cuales tiene como propósito aumentar la adherencia del acero con el hormigón, debido a la mayor superficie de contacto.

Según la NCh, los aceros para las barras de hormigón armado se identifican con la siguiente nomenclatura:

A XX – YY H

Lo cual significa:

- A: Acero al carbono.
- XX: Resistencia de ruptura a la tracción (kg/mm²)
- YY: Limite de fluencia a la tracción (kg/mm²)
- H: Uso apropiado para hormigones.

Para distinguir la calidad de las barras, estas deben llevar una marca en relieve cada 2 m.




Grado del Acero	Diámetro nominal (mm)	Formas de entrega	Identificación	
			Diámetro Nominal y grado de Acero	Marca de Origen
A 44-28 H	6 ⁽¹⁾ ,8,10,12 6 ⁽¹⁾ a 36	Rollo Recta		
A 63-42 H	8,10 y 12 8 a 36	Rollo Recta		
(1) La barra de 6mm es lisa y no lleva identificación en relieve.				

Tabla N°8. Identificación del acero de refuerzo (Fuente: RONDON, C. (2005). Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. Fabricación, Instalación y Protección. Chile: Gerdau AZA)

Además de la calidad que pueda tener el hormigón, es también importante la calidad o grado del acero de refuerzo con respecto a las propiedades finales de los hormigones armados; por lo tanto, debe emplearse el acero adecuado, según lo especificado en el cálculo estructural.

Grado del Acero	Resistencia a la Tracción (R _m)		Límite de Fluencia (R _e)	
	MPa	Kgf/mm ²	MPa	Kgf/mm ²
A 44-28 H	440	44,9	280	28,6
A 63-42 H	630	64,2	420	42,8
máximo			580	59,1

Tabla N° 9. Propiedades mecánicas mínimas del acero de refuerzo (Fuente: RONDON, C. (2005). Manual de armaduras de refuerzo para hormigón. Fabricación, Instalación y Protección. Chile: Gerdau AZA)

2.9. Mallas Electrosoldadas

Las mallas soldadas se caracterizan por tener medidas y pesos conocidos, formadas por alambres de acero de alta resistencia AT 56-50 H.

Nomenclatura del acero AT 56-50 H:

- A: Acero
- T: Trefilado/Laminado
- 56: 5600 kg/cm² (Limite de ruptura)
- 50: 5000 kg/cm² (Limite de fluencia)
- H: Uso para hormigón.

Una de las ventajas más destacadas de las mallas electrosoldadas, es su reducción en el costo directo de la partida “enfierradura” en un 11.9 %; disminuye el trabajo re-hecho en un 1.5%; y baja los gastos generales de la obra en un 1.9%. (Fuente: CChC-CDT 2017)

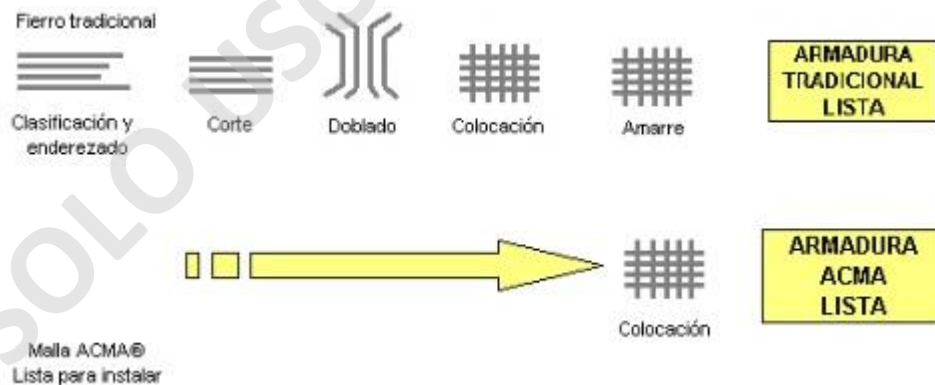


Imagen N° 6. Comparación del acero tradicional v/s Malla electrosoldada (Fuente: Instituto Chileno del Hormigón, ICH)

Las mallas electrosoldadas deben cumplir con las siguientes normativas, según INN (Instituto Nacional de Normalización):

- NCh 1173 Of. 77: Establece los requisitos que debe cumplir el alambre de acero de alta resistencia para su utilización en hormigón armado.
- NCh 219 Of. 77: Establece las condiciones de uso de la malla soldada fabricada con alambre de acero de alta resistencia para la utilización en hormigón armado.

El uso más frecuente de las mallas es en la construcción de radieres, piscinas, losas y sobrelosas, estanques, pavimentos, túneles y ductos, pisos y muros estructurales.

En Chile la construcción de muros de hormigón armado de 10 cm con malla central cumple la normativa para casas de 1 y 2 pisos, teniendo un comportamiento aceptable en aspectos sísmicos (prácticamente en todos los casos), (Almeida Navarrete, F. J. (2015). Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura.)

Además de tener un buen comportamiento de resistencia al fuego, acústico y térmico con aislación adicional según zona.

	Requerimiento de aislación entre unidades	Espesor Mínimo
Fuego	F-60	10 cm (F90)
Acústico	45 DB	10 cm (45 DB)
Térmico	Según zona	Aislación adicional

Tabla N° 10. Características de un muro de hormigón armado de 10 cm. (Fuente: Leonardo Gálvez, (2018). Radiografía a la construcción con sistema monolítico en Chile)

3 **SISTEMAS 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. (Manual de moldajes, CChC,2014).

3.1. **Tipos de moldaje**

Los moldajes se pueden clasificar en:

3.1.1. **Tipos moldaje según su uso:**

- Moldaje de muros.
- Moldaje de Pilares.
- Moldaje de vigas.
- Moldaje de losas.
- Moldaje de formas.

3.1.1.1. Elementos que componen un moldaje para muros.

Paneles: Unidad que forma parte de una cara del moldaje, que es estructuralmente autosuficiente y no requiere de refuerzos externos.

Conectores: Elementos de unión de paneles que dan forma a un moldaje, frecuentemente son metálicos de fácil colocación y retiro.

Separadores: Elemento dimensionado, cuya función es mantener el espesor del muro, previo al hormigonado.

Tensores: 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: Elementos cuya función es alinear los distintos paneles y garantizar la continuidad en la unión de los paneles al moldaje.

Aplomadores: Elementos que se unen a los paneles, cuya función es aplomar el moldaje mediante un sistema regulable.

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.

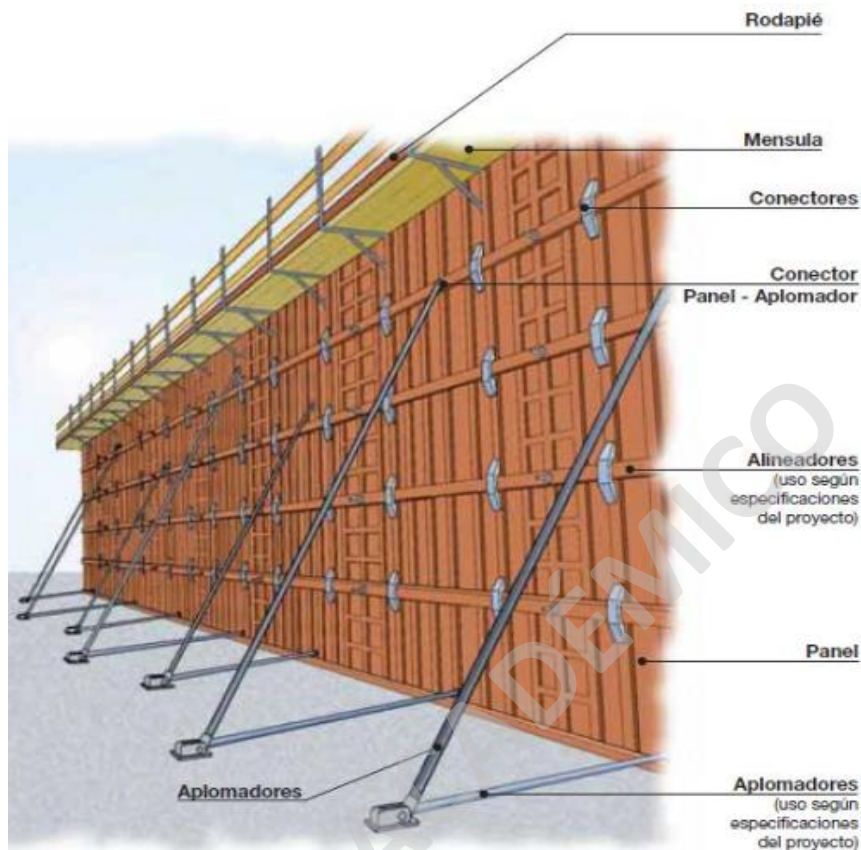


Imagen N° 7. Elementos que componen un moldaje para muros. (Manual de moldajes CChC, 2014).

3.1.1.2. Elementos que componen un moldaje para pilares y columnas.

Panel: Unidad que forma parte de una cara del moldaje, que es estructuralmente autosuficiente y no requiere de refuerzos externos.

Cuñas: Elemento metálico cuya función es unir las caras del moldaje.

Conector: Elemento metálico cuya función es unir dos paneles en vertical.

Aplomadores: Elementos que se unen a los paneles, cuya función es aplomar el moldaje mediante un sistema regulable.

Elementos fungibles: Corresponde a conos y tapones.

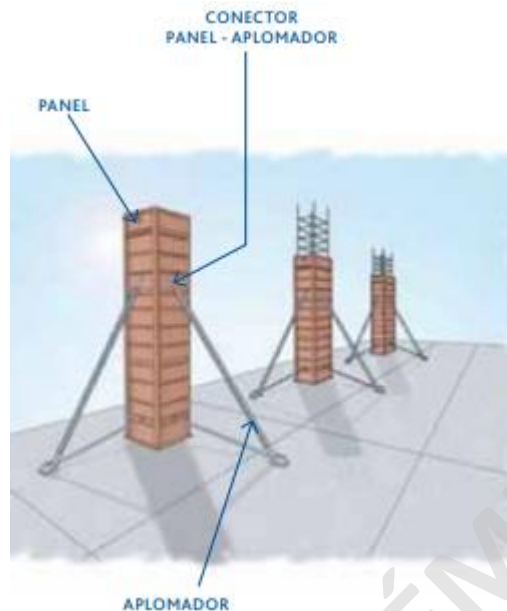


Imagen N° 8. Elementos que componen un moldaje de pilares y columnas. (Manual de moldajes, Cámara Chilena de la Construcción, 2014)

3.1.1.3. Elementos que componen un moldaje para vigas.

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.

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 apoyo a las vigas de soporte del fondo de viga. Además, cumple la función de transmitir al piso 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 la verticalidad de la alzaprima.

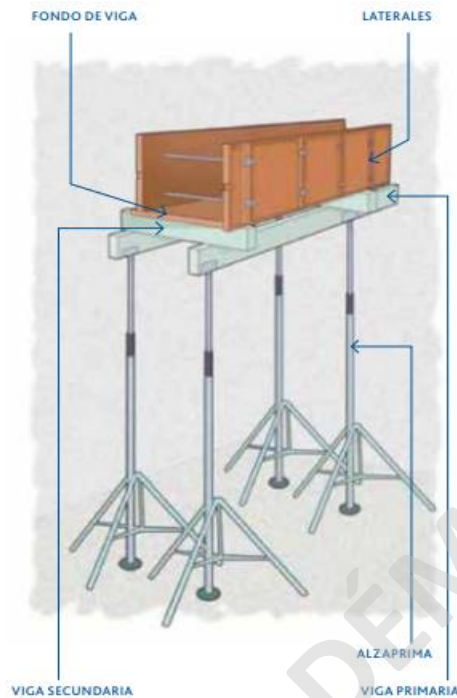


Figura N° 8. Elementos que componen un molde de vigas.(Manual de moldajes ,
Cámara Chilena de la Construcción, 2014)

3.1.1.4. Elementos que componen un molde para Losas.

Placa: Las placas forman la superficie del molde de losa, estas son de terciado, de plástico o metálicas.

Vigas secundarias: Son vigas que van montadas sobre las vigas primarias, son perpendiculares a estas y sobre ellas se apoyan las placas.

Vigas primarias: Son las vigas que se montan sobre los cabezales de las alzaprimas y son la base de las vigas secundarias.

Alzaprimas: Elemento vertical de altura regulable que sirve de apoyo a las vigas primarias de un molde de losa a través de sus cabezales, y así transmite al piso las cargas que se generan sobre el molde de losa previo, durante y después del proceso de hormigonado.

Trípode: Elemento metálico de tres patas, cuya función es mantener la verticalidad de la alzaprima durante el periodo de montaje del moldaje de losa.

Solera: Elemento de apoyo de la placa fijado al muro, este 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 montada como extensión del sistema, que cumple la función de generar una superficie de trabajo segura de no menos de 70 cm. de ancho.

Baranda de contorno: Elemento formado por apoyos verticales fijados a las vigas, en las que se montan barandillas o tubos, estas se instalan en doble altura (45 y 90 cm) y contar con un rodapié.

3.1.2. Tipos de moldaje Según su material de Fabricación.

- Moldaje de madera
- Moldaje metálico
- Moldaje mixto
- Moldaje de otros materiales

Dentro de los materiales más usados en los moldajes está la madera como material insigne en este tipo de elementos, el moldaje metálico y el mixto que une lo mejor de ambos mundos, la rigidez del acero y la nobleza de la madera.



Imagen N °9. Moldaje de madera Selex.

Dentro de los tipos de moldajes fabricados con otro tipo de material, se encuentran los encofrados plásticos modulares, con paneles ligeros que no superan los 15 kg/m^2 , y con una capacidad de resistencia de 60 KN/M^2 . Estos son fabricados por la empresa Geo Plast.

3.1.3. Tipo de moldaje según su forma de trabajo.

- Moldaje Manuportante
- Moldaje manejable, solo con grúas
- Moldaje auto trepante
- Moldaje deslizante
- Moldaje colaborante

3.1.4.1. Moldaje Manuportante.

Este tipo de moldaje es usado en losas, muros, vigas y pilares, los cuales se montan, descimbran y se transportan a mano, sin necesidad de equipos, diseñados con materiales livianos como el aluminio.

Son moldajes cuyos elementos son livianos y se deben armar y desarmar completamente en cada uso. Estos moldajes no deben exceder el límite de carga máxima estipulado por la ley.

3.1.4.2. Moldaje manejable solo con grúas.

Este moldaje se usa en muros, vigas, pilares o losas que se montan, descimbran y se transportan solo con grúas.

3.1.4.3. Moldaje Autotrepante.

Este sistema está basado en un sistema hidráulico, que permite movilizar moldajes de gran tamaño. Este moldaje no requiere de grúa para su uso, y es muy usado en construcciones de edificios de gran altura, por ejemplo, fue usado en la construcción de el núcleo central del edificio Costanera Center.

3.1.4.4. Moldaje Deslizante.

Este sistema se basa 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 este.

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

Este sistema es utilizado en la construcción de torres de hormigón, silos, núcleos de ascensores y torres de control y vigilancia.

3.1.4.5. Moldaje colaborante.

Este tipo de moldajes quedan incorporados al elemento constructivo y cumplen con la función de ser moldaje y parte de la estructura al mismo tiempo. Uno de ellos son las losas colaborantes compuestas de una base metálica y son autosoportantes para luces determinadas y su dimensionamiento obedece a un proyecto estructural.



Imagen N °10. Montaje de losa colaborante. (Fuente: Manual de moldajes, CChC, 2014)

3.1.4.6. Moldaje monolítico.

El moldaje monolítico tiene la particularidad de unir los elementos estructurales de muros y losas en una faena de hormigonado, eliminando juntas frías en el hormigón, brindando un mejor comportamiento estructural.

3.2. Presión del hormigón sobre los encofrados.

El hormigón en estado fresco tiene propiedades sólidas y líquidas, por esta razón se le define usualmente como un material plástico, ya que después de unas horas expuesto a temperaturas ambiente, pierde su plasticidad y se convierte en un elemento sólido.

La velocidad con que el hormigón, cambia del estado plástico a sólido, tiene un efecto considerable en la presión lateral ejercida en el moldaje, ya que una vez endurecido, deja de ejercer presiones laterales, al rigidizarse dentro del él.

La presión que ejerce el hormigón fresco sobre los encofrados es determinante para el diseño de estos mismos y los factores que intervienen en ello son:

- Ritmo de vaciado del hormigón.
- Temperatura del hormigón.
- Dosificación de la mezcla.
- Asentamiento.
- Método de compactación.
- Impacto producido por el vaciado.
- Forma y dimensiones del moldaje.
- Cantidad y distribución del acero de refuerzo.
- Peso del hormigón.
- Altura de colocación.

La presión del hormigón fresco sobre el moldaje, en losas y vigas, por ejemplo, se calcula multiplicando el peso específico del hormigón por la altura.

Cuando hablamos de empujes horizontales, se debe suponer que el hormigón es un líquido, y puede llevar a sobrestimar las presiones para alturas sobre 3 metros.

3.3.1. Efecto del ritmo de vaciado del hormigón.

De los factores mencionados que intervienen la presión lateral sobre el moldaje, el ritmo de vaciado del hormigón es el más relevante.

Cuanto más rápido sea la velocidad de llenado, dentro del moldaje tendremos mayor hormigón sin fraguar, por tanto, tendremos mayor presión, por lo cual es importante controlar el ritmo o velocidad de vaciado.

El hormigón al ser vaciado dentro del encofrado, el concreto líquido actúa exactamente igual al agua en un recipiente, a mayor profundidad del concreto líquido en un muro, mayor será la presión que este ejerce.

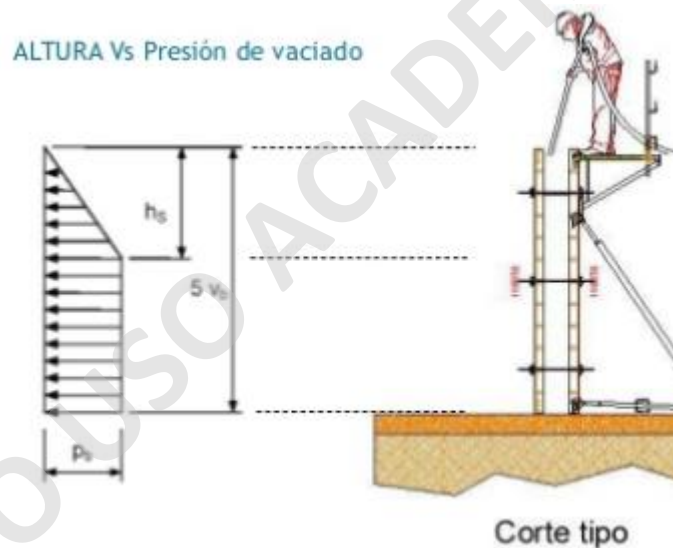


Imagen N° 11. Presión que ejerce el hormigón sobre el encofrado. (Fuente: internet)

3.3.2. Efecto de la temperatura

La mezcla de hormigón vertido en los moldajes, a medida que avanza el inicio del fraguado al interior de ellos, se convierte en una masa sólida, reteniendo su forma, lo cual permite que la mezcla deje de ejercer presión en los moldajes.

El tiempo necesario desde la iniciación hasta el final del fragüe del cemento, está condicionado por la temperatura de colocación del hormigón.

La presión máxima que ejerce la mezcla de hormigón en el moldaje está directamente relacionada con la temperatura, por ejemplo; una temperatura baja, retarda la iniciación y terminación del fraguado y una temperatura alta lo apresura.

Velocidad de Vaciado, R (m/h) (*)	P, Presión lateral máxima a la temperatura indicada (Kgf/m ²)					
	32°C	27°C	21°C	16°C	10°C	4°C
0.3	1221	1279	1357	1465	1611	1831
0.6	1709	1831	1987	2197	2490	2930
0.9	2197	2383	2617	2930	3369	4028
1.2	2685	2930	3242	3662	4248	5127
1.5	3174	3476	3872	4394	5127	6225
1.8	3662	4028	4497	5127	6005	7324
2.1	4150	4580	5127	5859	6884	8422
2.4	4301	4751	5322	6084	7158	8764
2.7	4453	4922	5517	6313	7431	9106
3	4604	5092	5713	6543	7705	9448

(*) R= altura de vaciado (m) / tiempo de llenado (h)

Tabla N°11. Máxima presión lateral en el diseño de moldajes de muros según T° (Fuente: Manual del constructor, Grupo Polpaico Chile, Pág. 236)

3.3.3. Efecto de la dosificación de la mezcla

La presión que ejerce la mezcla de hormigón en el moldaje está relacionada a la proporción de la mezcla. En otras palabras, un hormigón fabricado con una mezcla rica, en la cual la

proporción de cemento es alta, en relación con el volumen del agregado, estará más cerca de un líquido, que uno que sea una mezcla pobre, o de uno que contenga menos cemento. Considerando así, que la mezcla rica en cemento se mantendrá en un estado líquido mayor tiempo, aumentado el tiempo que esta ejercerá presión lateral al moldaje.

3.3.4. Efecto del asentamiento

Dentro de los factores que se mencionan, el asentamiento de cono del hormigón tiene una influencia importante. Un asentamiento alto, ejerce mayor presión en el moldaje, que uno menor.

3.3.5. Efecto del método de consolidación del hormigón

Si se compacta con vibradores de inmersión, se debe tener especial cuidado en la etapa de vibrado, evitando el contacto con la enfierradura y el moldaje. Según la Universal Form Clamp Co, se deben reducir en un 15% los espaciamientos de los refuerzos del moldaje.

3.3.6. Efecto del impacto

Los moldajes dentro de los cuales se vacía el hormigón a alturas considerables, deben ser resistentes al flujo de vaciado.

El impacto que ejerce la mezcla de hormigón es proporcional según la altura del moldaje; en moldajes de muros bajos, el efecto del impacto sobre él es bajo, pero en los casos donde el moldaje considera alturas sobre 2.5 a 3 mts, el efecto del impacto aumenta considerablemente, y debe considerarse en el diseño y puesta en obra de este.

3.3.7. Efecto del acero de refuerzo

Dentro estructuras fuertemente armadas en moldajes, el empuje o presión del hormigón fresco sobre ellos, serán menores debido al rozamiento.

3.3.8. Efecto de la altura de colocación del hormigón

La presión máxima dentro del encofrado es la resultante entre el ritmo de llenado y tipo de hormigón usado.

A mayor altura sea vertido el hormigón en el encofrado, existirán mayores cargas dinámicas, por tanto, mayores empujes. La normativa internacional que contempla el empuje del hormigón fresco sobre los moldajes es la alemana DIN-18218 y la americana ACI-347.

4 **Sistema constructivo de rigidización interna de moldaje: *Spider Tie*.**

El sistema en estudio llamado *Spider Tie* o tipo araña, creado y patentado en EE.UU. por Mc Donagh, en el año 2013, plantea la construcción de muros de hormigón armado a través de un marco temporal de madera contrachapada, unida a lazos de plástico especialmente diseñados, lo que permite la construcción de muros rectos y curvos.



Imagen N° 12. Piezas de plástico internas del muro Spider Tie. (Fuente: internet)

Estos lazos mantienen el marco en su lugar, hasta que el hormigón haya endurecido, para después poder desenroscar las uniones y poder usarse nuevamente en proyectos futuros. Las piezas plásticas pasan a formar parte de la estructura una vez el hormigón es vertido en el encofrado, estas a su vez, mantienen la ubicación de los refuerzos de acero dentro del moldaje, evitando el uso de amarras (excepto en los empalmes) y asegurando la distancia de recubrimiento del acero de refuerzo.

El sistema está diseñado para muros de hasta 9 pies de altura, es decir, 2.7 m aproximadamente, en este sentido es compatible en el diseño propuesto y en construcciones similares.

Una vez realizada la fundación que soportara las cargas de la estructura, se procede al trazado de espesor de muros y la ubicación de lazos plásticos de inicio o *starter ties*, ubicados en cada eje trazado previamente, separadas entre sí cada 20 a 30 cm, dependiendo del cálculo estructural. Estas piezas permiten el ensamble sucesivo de las piezas, una sobre otra con un sistema de unión rápida (*one click*), hasta llegar a la altura deseada de muro o diseñada por proyecto.

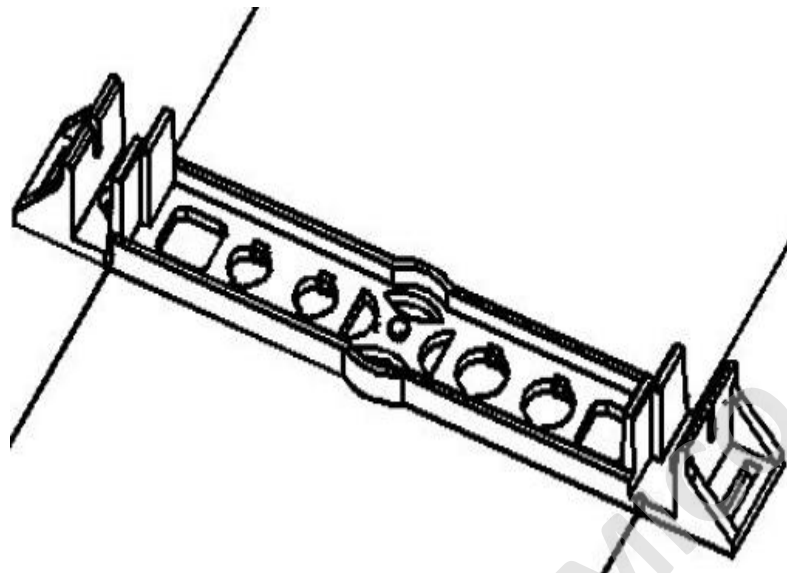


Imagen N° 13. Pieza de inicio, Starter Tie. (Fuente: MC Donagh (2013) Technical Drawings, Spider Tie)

La enfierradura de refuerzo vertical, embebida en la fundación, queda distanciada según estudio estructural, permitiendo el empalme entre barras para llegar a la altura deseada de muro. Esto se asemeja mucho a la malla electrosoldada, usada en la construcción de casas de hormigón, con malla central.

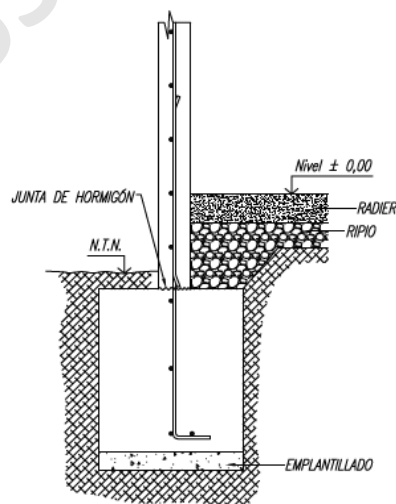


Imagen N° 14. Ubicación de acero de refuerzo para muro de hormigón con malla Central. (Fuente: Manual de detallamiento casas 1 y 2 pisos, Hormigón armado, ICH)

d _b Barra mm	Grado del Hormigón (Nch 170 of.85)			
	f' _c < 20 MPa (H20)		f' _c ≥ 20 MPa (H25 a H50)	
	A63-42 H	A44-28H	A63-42 H	A44-28H
8	314	209	235	157
10	392	261	294	196
12	470	314	353	235
16	627	418	470	314
18	706	470	529	353
22	862	575	647	431
25	980	653	735	490
28	1098	732	823	549
32	1254	836	941	627
36	1411	941	1058	706

Tabla N° 12. Longitud mínima empalmes por traslape en barras en compresión (Fuente: Manual de armaduras para refuerzo de Hormigón, Gerdau Aza)

En el proceso de construcción de los muros, en la medida que se levantan las torres de piezas plásticas, las que llamaremos en adelante lazos de unión, se comienza con la colocación de las planchas de terciado o madera contrachapada OSB (*Oriented Strand Board*), las cuales van unidas con tornillos a los lazos de unión, considerando el ancho de plancha como ubicación inicial.

El enmarcado de los vanos de ventanas y puertas, se realiza previamente *en situ* considerando las medidas de ancho de muros, estos son instalados de acuerdo al avance de la altura de muro terminado y fabricadas del mismo material.



Imagen N° 15. Construcción de los vanos de ventanas en el desarrollo de muros, con el sistema Spider Tie.

4.1. Consideraciones especiales

En Chile no existen normas de moldaje, por lo que hoy se trabaja con las especificaciones, proyectos y diseño de los proveedores, basados en las normas de los países de origen de los equipos. La ordenanza General de Urbanismo y Construcción no reglamenta los moldajes.

En el desarrollo del sistema *Spider Tie* se deben mantener ciertas consideraciones especiales para mantener y procurar la estanqueidad del moldaje y a su vez, este sea capaz de soportar las cargas hidráulicas del vaciado del hormigón, según la normativa internacional vigente.

4.1.1. Encuentros de planchas.

En los encuentros de planchas, en la unión, se debe reforzar con una huincha de madera de 10 cm, en toda su extensión, para evitar pérdida de material y manteniendo la estanqueidad de los muros. (ver anexo N°1)

4.1.2. Encuentros Muros.

En los encuentros de muros, las planchas deben ser reforzadas verticalmente con madera de 2"x 3", tanto en su cara exterior como interior, en los encuentros de 90° grados. (ver anexo N°2)

4.1.3. Aplomadores:

Los aplomadores para muros son realizados en situ, para mantener la verticalidad de los muros, son fabricados de madera con una conexión metálica, en la zona de contacto con el moldaje, que permite su regulación.

4.1.4. Aislación entre muros:

Para mejorar la aislación térmica de los muros de hormigón, pueden colocarse planchas de poliuretano expandido, según requerimientos térmicos exigidos por la normativa vigente.



Imagen N° 16. Instalación de planchas de poliuretano expandido, dentro de muros con sistema Spider Tie.

En Chile, las exigencias de acondicionamiento térmico son reguladas por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su artículo 4.1.10 establece los requerimientos de aislación térmica para muros de viviendas (casas y departamentos). En esta, se separan ambientes interiores de ambientes exteriores y la exigencia establecida corresponde a la Resistencia Térmica mínima o Transmitancia Térmica máxima aceptable para diferentes zonas climáticas de Chile.

En la zona 3 donde está ubicada la ciudad de Santiago, se exige el valor de U de $1.9 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$; es decir, la transmitancia térmica del muro no puede ser superior a este valor. Un muro de hormigón armado normal de un espesor de 150 mm, tiene un valor U igual a $3.8 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$, por lo cual no cumpliría esta exigencia y, en consecuencia, hay que incorporar al menos 10 mm de un material aislante térmico para cumplir con esta exigencia.

4.2. Techumbre de hormigón.

El desarrollo y trabajo con este sistema constructivo, nos permite levantar una vivienda de hormigón monolítica, la cual puede o no, poseer una solución de techumbre también sólida, la cual contempla los siguientes pasos:

Paso 1: Una vez levantada la solución de cerchas sobre los muros y recubierto con planchas de OSB, se procede a la instalación de una membrana hidrófuga sobre toda la extensión de la techumbre, que cumplirá la función de barrera de humedad y vapor en la envolvente.

Paso 2: Se procede a la instalación de los lazos plásticos, en toda la extensión de la cubierta, manteniendo una separación entre las hileras de lazos plásticos, mayor a la establecida en muros.

Paso 3: Se instalan las barras de refuerzo horizontales y verticales, que se empalman con las barras que sobresalen de los muros.

Paso 4: Se procede a la instalación de las planchas de OSB, para cerrar el moldaje de la cubierta, es esta etapa entre cada plancha de deja una separación horizontal, distanciada entre sí, en el sentido horizontal de cada plancha.

Paso 5: Se procede al vertido de hormigón autocompactante, bombeado desde la zona inferior de cubierta, desde la separación dejada en el paso 4, en la medida que se llega a ese punto de llenado, se cierra y se procede al vertido desde la siguiente separación horizontal, hasta completar toda la techumbre.

5 **Sistema Peri One: Monolithic Housing Formwork**

El sistema Uno permite encofrar y hormigonar simultáneamente muros, pilares, vigas de cuelgue y escaleras con el método constructivo monolítico.

El sistema ofrece una solución constructiva practica y rápida para el encofrado de plantas iguales, que se repiten horizontalmente, por ejemplo, viviendas en extensión, o verticalmente en la construcción de edificación en altura. El uso del sistema Uno, es planificado por Ingenieros especializados en estrecha colaboración con el cliente, que se traduce en la fabricación de cada panel Uno a la medida de cada proyecto, manteniendo altos estándares de calidad.

El sistema UNO se basa en su facilidad de montaje, y al ser un tipo de moldaje manuportante de aluminio muy ligero, que no requiere grúa, en la instalación de los componentes del sistema, solo se requiere de una breve capacitación para quienes instalan, un martillo y de una llave especial N°19, para colocar las barras de atado que unen ambas caras del encofrado.

El método constructivo monolítico que caracteriza al sistema UNO, permite la ejecución industrializada in situ, de todas las etapas que constituyen la obra gruesa: encofrado, armaduras, instalaciones eléctricas y sanitarias, etc. Este método constructivo resulta particularmente conveniente cuando se repiten muchas veces geometrías iguales, logrando sin problemas varios cientos de usos, con un solo juego de encofrados. Según Eric Zamora Pérez, Key Account Manager & Project Manager de PERI Chile Limitada, en comunicación mantenida vía E-mail, la cantidad de usos que se le pueden dar a los paneles es de 600 usos, con un buen manejo del equipo de trabajo.

5.1. Metodología de Colocación y Desencofrado.

Se comienza instalando la primera cara del moldaje, fijándolas entre sí con los cerrojos con cuñas propios del sistema Uno, que se fijan golpeándolas con un martillo, logrando la unión entre dos paneles.

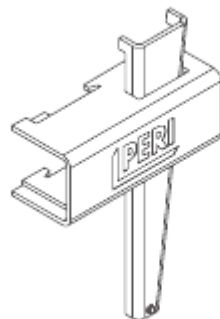


Imagen N° 17. Cuña de Apriete para muros, sistema Peri One. (Catalogo sistema UNO 2015)

Luego se insertan las contra roscas donde irán las barras de atado y se la fija con la correa bloqueadora, a continuación, se ubica el siguiente panel, en un proceso que se repite hasta completar cada ubicación de todos paneles que están previamente enumerados, donde se indica el número de posición. El premontaje del tubo permite nivelar automáticamente la altura de los paneles para muros sucesivos. Además de conformar la transición a los paneles para la losa, los paneles de transición permiten la alineación de los paneles para muros, los cuales se unen con el cerrojo distanciador que transmite las cargas del hormigón de la losa y permite el posterior desencofrado de los paneles para muros.

El posicionamiento del encofrado de cierre, comienza al insertar las barras de atado cónicas las que se aprietan con la ayuda de la llave N° 19, lo que evita el uso de tubos distanciadores, frecuentemente usados en los moldajes tradicionales. En el vano de ventanas y extremos de muros se instalan las tapas de tape del mismo material, unidos con tornillos incorporados en cada tapa, los que se fijan a la correa de tape. (Ver anexo) Las barras de atado cónicas se operan desde una cara y pueden volver a utilizarse reiteradamente. Al poseer una reducida cantidad de puntos de atado, aporta un gran ahorro

de tiempo y de costo. Comparadas con otros sistemas de encofrado monolítico con barras convencionales, UNO necesita hasta 70% menos de puntos de atado.

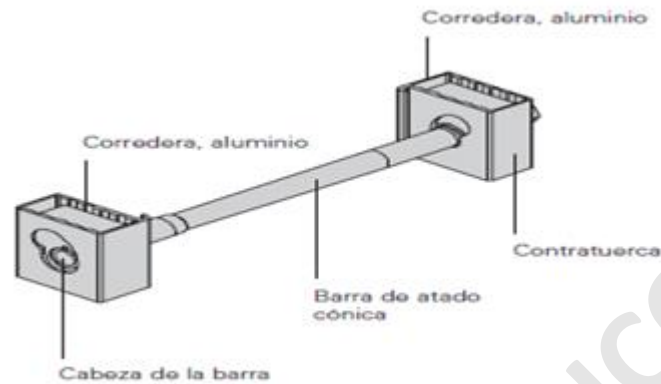


Imagen N°18. Barra de atado del Sistema de UNO. (Catálogo Sistema UNO, 2015)

Cuando se requiere encofrar más de un piso en el caso de viviendas de dos pisos o edificación en altura, se colocan sobre los paneles de muros, Paneles de ciclos, los cuales permiten colocar los paneles del siguiente piso, firmemente anclados al hormigón.

Luego los paneles para losas se montan con rapidez: se cuelga, se abate hacia arriba, asegurándolos con el seguro para losa, se ubica el puntal en las vigas de transición y su instalación queda lista, previa nivelación. Una vez se realiza la instalación de armaduras, las instalaciones sanitarias y eléctricas se procede con el llenado de la losa.

5.1.1. Estanqueidad del Sistema

El sistema UNO está diseñado para garantizar juntas estancas, lo cual es necesario debido al uso de hormigón de consistencia fluida (HAC). Los encuentros de paneles deben procurar la estanqueidad para evitar pérdidas del hormigón relativamente líquido y obtener así, buenos acabados superficiales.

5.1.2. Desencofrado del sistema UNO

El proceso de desencofrado es bastante simple, se inicia con los paneles para los muros que después de desmontar los cerrojos espaciadores se giran con facilidad y se retiran del área de transición muro/losa, permitiendo el uso de los paneles para muros de forma progresiva en el siguiente encofrado de muros.

Luego se retiran los paneles de transición y los paneles para losa. El sistema de cabezal de caída permite desencofrar de forma temprana, es decir, las vigas principales y los paneles para losa se pueden desencofrar al cabo de un día y volver a usarse en la siguiente puesta. Solo permanecen los puntales con los cabezales de caída como reapuntalamiento, como lo muestra la imagen N° 19.



Imagen N° 19. Puntal con cabezal de caída del Sistema UNO. (Catalogo Sistema UNO, 2015)

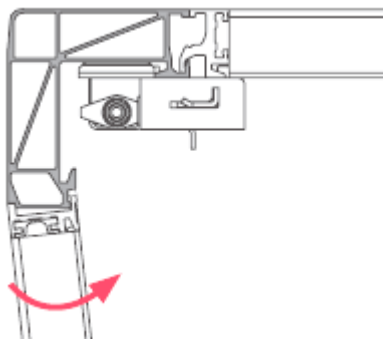


Imagen N° 20. Transición entre muro y losa Sistema UNO (Catalogo Sistema UNO, 2015)

6 Western Forms: Wall Form System

Western Forms Chile, ofrece un moldaje de aluminio para la construcción industrializada de viviendas de hormigón. Los paneles están especialmente diseñados para un ensamble rápido y hermético. Las dimensiones de los paneles varían desde los 30 cm a 3 m, con 54 mm de espesor y un peso máximo de 38 kg, considerándolo así, un moldaje manuportante.

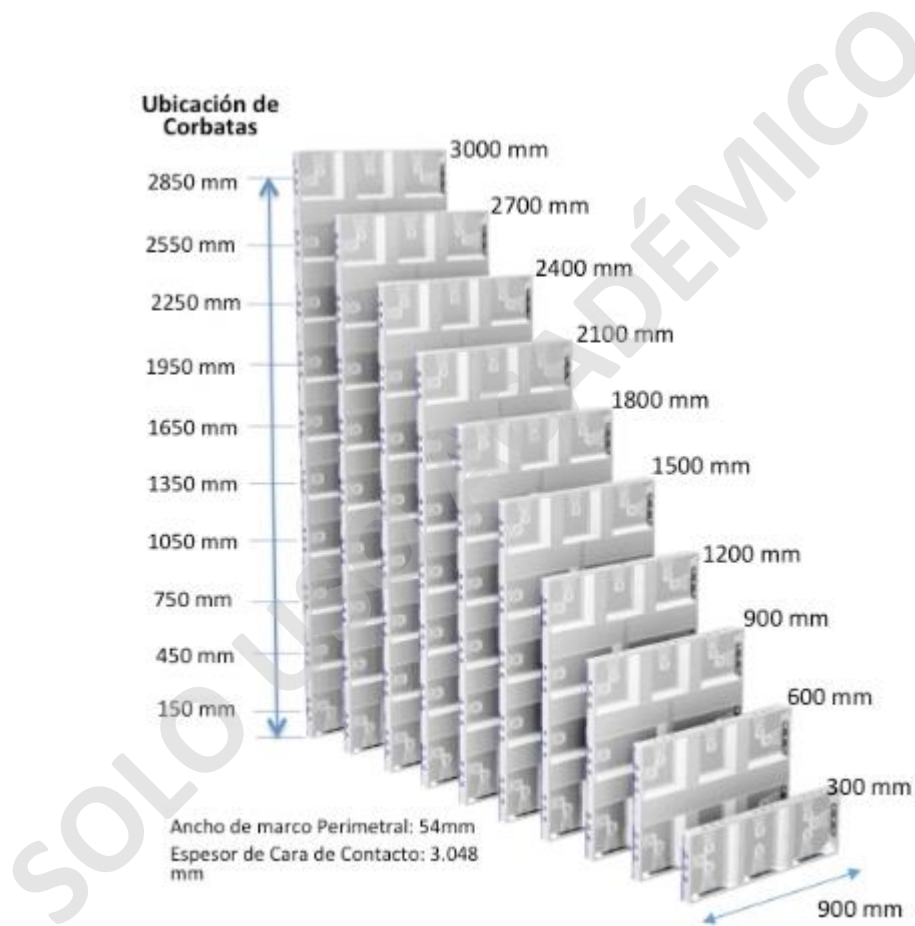


Imagen N° 21. Dimensiones de los paneles del sistema Western Forms.

En el sistema de encofrado, los vanos de ventanas y puertas se pueden realizar en situ con marcos de madera según espesor de muros, o cuando se requiere los moldajes se fabrican de fábrica con las dimensiones establecidas. Estos vanos al igual que otros sistemas, se terminan colocando la tapa de cierre llamadas tapas BH, fijados con las mismas cuñas y pinlocks de los paneles de muros.



Imagen N° 22. Tapas de muros en vanos de puertas y ventanas del sistema Western Forms.

En el desarrollo del sistema de encofrado para losas, la transición de muros a losa se realiza a través de piezas especiales, llamadas molde conector, los cuales permiten la continuidad para muros del siguiente nivel en exterior (Molde Cap) y la continuidad de la losa por la cara interna del muro. (Ver anexo N°3)

Una vez instalados los moldes conectores se pueden colocar los paneles de molde para losa y los moldes de soporte para losa CS (Ceiling Support Forms), bajo ellas se instalan los puntales de apoyo. En el proceso de descimbre de losas estas piezas quedan instaladas como apoyo, después de que el hormigón alcanza la resistencia de diseño especificada. Esto permite retirar hasta el 95% de los encofrados de losa para que sean utilizados en otro lugar, disminuyendo el inventario para continuar con el ciclo siguiente de encofrado.

6.1. Accesorios del sistema Wester Forms.

Los paneles se unen entre sí a través de una unión rápida llamada “*Pinlock*” incorporada a lo largo de cada panel, además de contar con ranuras especiales para el paso de las corbatas metálicas de unión de ambas caras del panel, que van separadas cada 30 cm, partiendo desde la zona inferior a 15 cm, las cuales se instalan en el moldaje con un recubrimiento tipo funda de polipropileno para su rápida extracción.



Imagen N° 23. Accesorio Pinlock adosado.

Las ventajas del sistema de adosado Pinlock, permiten un ensamblado más rápido entre paneles y evita la pérdida de accesorios. Estos son fijados con un martillo especial que entrega el proveedor, para apoyar la instalación y descimbre.

Cada panel además cuenta con sellos de Nylon, tipo Gasket que ayudan a detener la pérdida de lechada por la junta lateral, que provee una junta limpia con el mínimo de limpieza y preparación del encofrado para su siguiente uso.

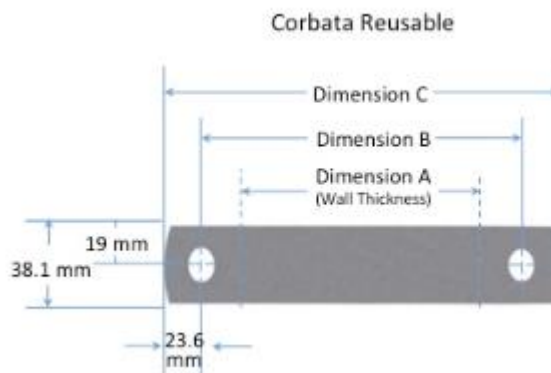


Imagen N°24. Corbata reutilizable de acero al carbón.

En la transición de muro losa se debe instalar una corbata tipo “U”, la cual es necesaria en el armado y hormigonado de muros de sobre elevación de cubierta, donde se requiere que el encofrado quede suspendido permitiendo el flujo del hormigón que conformara la losa del piso superior.

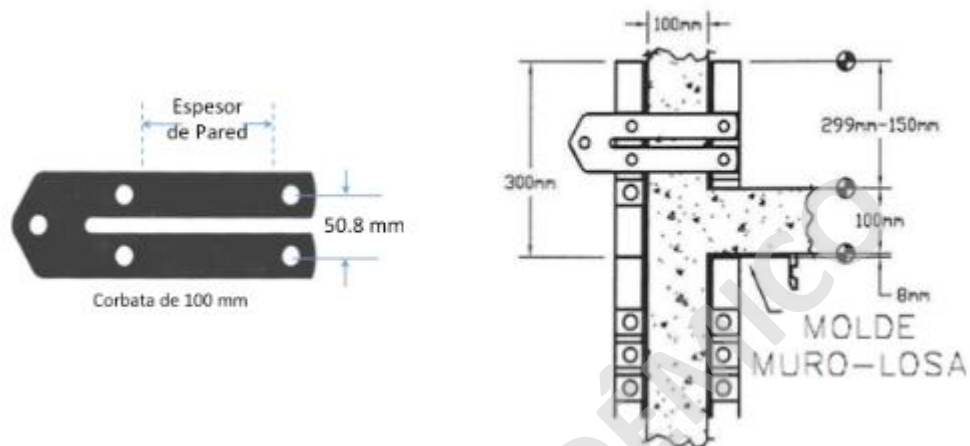


Imagen N °25. Corbata de transición para losa tipo U.

Además de los componentes ya mencionados, para el aseguramiento de las corbatas de unión se deben colocar las cuñas de apriete en las perforaciones de cada extremo de la corbata.



Imagen N° 26. Cuña de apriete en cada extremo de las corbatas con martillo especial.

7 Comparación económica entre moldajes

Los sistemas presentados en el capítulo anterior señalan los aspectos técnicos propios de cada uno de ellos. Para la misma planta se evaluarán los costos asociados al uso de los distintos sistemas de encofrados, con información obtenida de los proveedores.

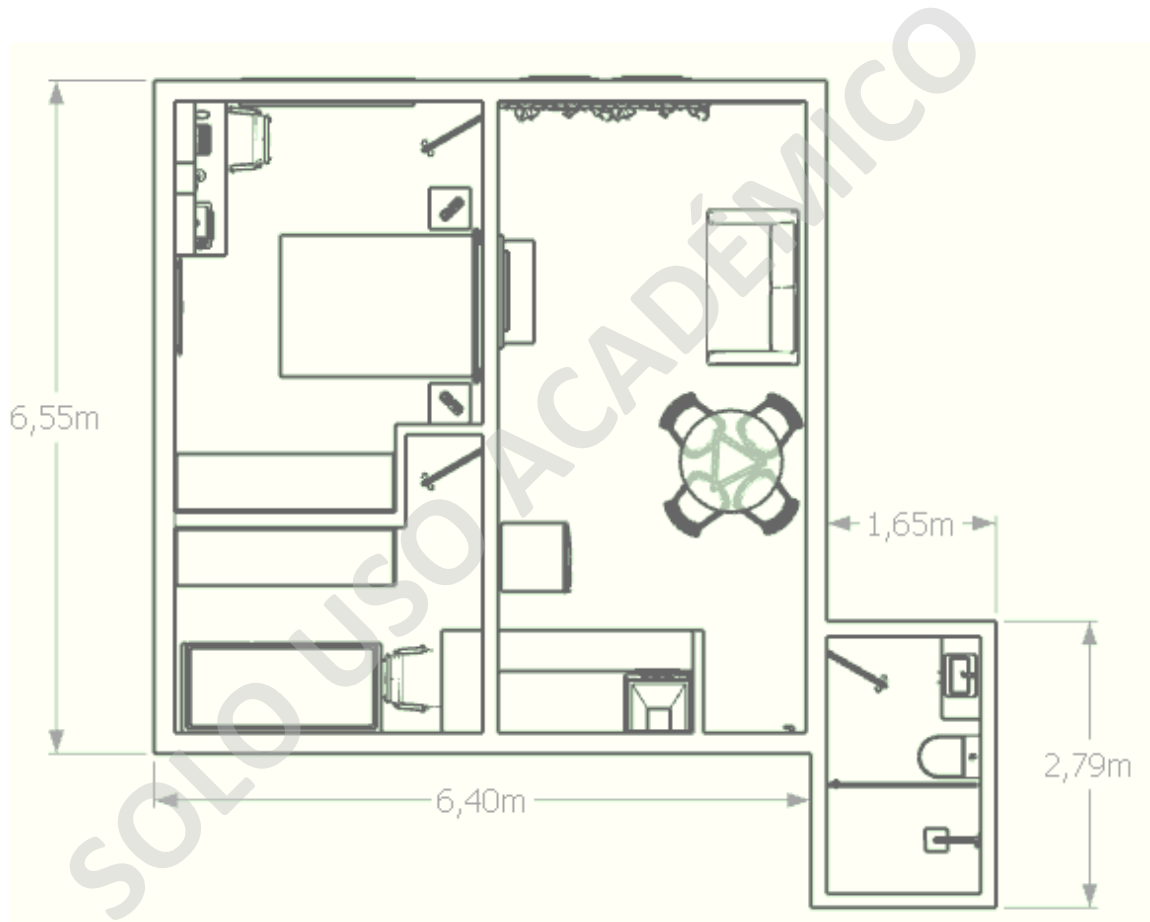


Imagen N °27.Planta Vivienda tipo de Hormigón armado, para caso supuesto. Fuente.
(Elaboración Propia)

A continuación, se presentan los metros cuadrados de los moldajes tanto de muros, como se losa, considerando el modelo presentado y suponiendo la construcción con el mismo sistema de 40 viviendas de la misma tipología.

Sistema constructivo	Superficie de muros m²	Superficie de losa m²
Spider Tie	6325,6	1696,8
Peri UNO	6325,6	1696,8
Westernforms	6325,6	1696,8

Tabla N° 13. Superficie en m² para cada sistema constructivo.

La propuesta de vivienda tipo, considera los siguientes supuestos:

- La altura de Muros será de 2.4 m, con espesor de 20 cm, a diferencia del muro interno de 15 cm, con losa cielo de 15 cm.
- El Proyecto se realiza en Santiago.
- Los días de trabajo considerado son 22 por mes.
- Temperatura de trabajo de confort.
- No se considera en los costos las partidas correspondientes a acero y hormigón ya que los kg y m³ son los mismos en cada sistema.
- Planta de la vivienda de 47.5 m².

Para efectos de cálculo, se utilizaron los valores de dólar, y UF del día 25 de junio del 2020, es decir:

Tipos de cambio	
Dólar \$	818,60
UF \$	28.701,28

Tabla N° 14. Tipos de cambio.

Para los distintos sistemas existen rendimientos, basados en la experiencia en el uso de estos por diversas empresas del rubro de la construcción en Chile.

Rendimiento por tipología de moldaje m²/HD		
Manual	8.37	Industrializado
Semi transportable muros	17.46	
Pesado	22.95	
Manual losas	23.85	Manual
Madera muros	8.0	
Madera losas	10	

Tabla N° 15. Rendimiento por tipología de moldaje. Fuente: (Corporación desarrollo tecnológico, CDT).

Para el cálculo del rendimiento se consideran los m²/hombre/día, obtenidas de las empresas en estudio y una dotación de 2 cuadrillas de 4 maestros:

Sistema constructivo	m² Totales	Rendimiento (m²/H/D)	Plazo (mes)
Spider Tie	8022.4	12	3.7
Peri ONE	8022.4	30	1.5
Westernforms	8022.4	25	1.8

Tabla N° 16. Plazo de ejecución según tipo de moldaje.

Los costos asociados a cada sistema consideran el valor por m², por cada cara de contacto, según proveedor. En relación al sistema Spider Tie, se realizó un estimativo considerando cada componente por m²:

Detalle de Material	Costo USD/m²
Spider Ties 49 unid/m ²	66.15
Plancha OSB 15 mm LyP	16.62
Membrana Hidrófuga	1.38
Fijaciones	6
	90 USD/m²

Tabla N° 17. Costo m² sistema Spider Tie.

Como se puede apreciar en la tabla N° 17, el costo por m² del sistema Spider Tie, es mucho más bajo en comparación a los otros dos, lo que lo hace una opción muy ventajosa en la comparativa de UF/m² en la construcción de viviendas de hormigón, pero con la desventaja que las planchas de los moldajes solo pueden ser reutilizadas de 8 a 15 veces según especificaciones de proveedor, además de asumir el costo de los lazos de unión que quedan insertos en el muro en cada uso. A diferencia de los otros sistemas que permiten una reutilización de más de 600 veces y recuperación de las piezas que lo conforman al 100%.

Sistema constructivo	Valor USD m²	Valor UF /m²
Spider Tie	90	2.56
Peri UNO	300	8.55
Westernforms	400	11.4

Tabla N° 18. Costos por UF/m² de cada sistema en estudio.

8 Comentarios y Conclusiones.

El avance en el desarrollo tecnológico en el rubro de la construcción ha crecido enormemente en las últimas décadas. Las empresas que utilizan los encofrados disponibles en el mercado prefieren la utilización de estos manteniendo como prioridad la calidad, costo y la disminución de los plazos de ejecución de la construcción, encontrándose en la actualidad sistemas cada vez más sofisticados insertados a nuestro país por grandes empresas internacionales de encofrados.

Para una construcción más eficiente de viviendas de hormigón, sobre todo en extensión, existen distintos modelos y formatos de encofrados, apuntando en el uso y desarrollo de formatos más livianos y duraderos. Estos pueden ser usados en el desarrollo de casi cualquier tipo de proyecto, considerando al inicio un fuerte desembolso económico por las empresas constructoras en la adquisición de estos, costos que son prorrateados en la medida que aumentan los metros cuadrados construidos con la misma tipología de vivienda familiar o unifamiliar.

Desde el punto de vista de la calidad de las terminaciones en hormigón, los moldajes monolíticos tanto de aluminio como de madera; Sistema Spider Tie, entregan un alto nivel de terminación superficial y de acabado de vanos de muros y puertas, evitando así, las juntas frías y el trabajo rehecho, que se genera con los moldajes tradicionales, donde el control de llenado de encofrado de muros, muchas veces es deficiente, lo cual involucra gastos extras en faenas de aparejos de muros, afinados superficiales y remates irregulares en encuentros entre muro y losa, que atrasan los plazos de las terminaciones finas propias de cada proyecto.

Gracias al desarrollo de encofrados monolíticos, las faenas de instalación de moldajes con un equipo capacitado y familiarizado con el tipo de encofrado pueden llegar a instalar en un solo día el moldaje completo de una vivienda, considerando faenas de trabajo de 8 hr., preparándolo así para la faena de hormigonado de toda la estructura de una sola vez. En

esta etapa, gracias al uso de hormigones altamente fluidos, el hormigonado es rápido y de fácil aplicación, con el uso de hormigones autocompactantes, que eliminan por completo las faenas de compactación por acción mecánica.

Podemos concluir que el sistema Spider Tie en Chile, sería una muy buena alternativa para el constructor y empresas constructoras que desarrollan proyectos de viviendas a baja escala en Chile, debido al bajo costo de inversión en la compra de los componentes del sistema en gran cantidad comparados con sistemas más especializados e industrializados en su fabricación. Una de las variantes importantes a considerar, es el costo del hormigón autocompactante, que puede llegar a superar el valor del m^3 del hormigón tradicional, entre un 5 a 10 % más. En Chile no se tiene registro de construcción de muros o viviendas de hormigón con este sistema, ya que aún no ha sido introducido por empresas o por particulares, pero se estima que su uso puede tener muy buena aceptación en el rubro una vez este producto esté al alcance y pueda desplazar a los moldajes tradicionales en la construcción de viviendas de baja altura.

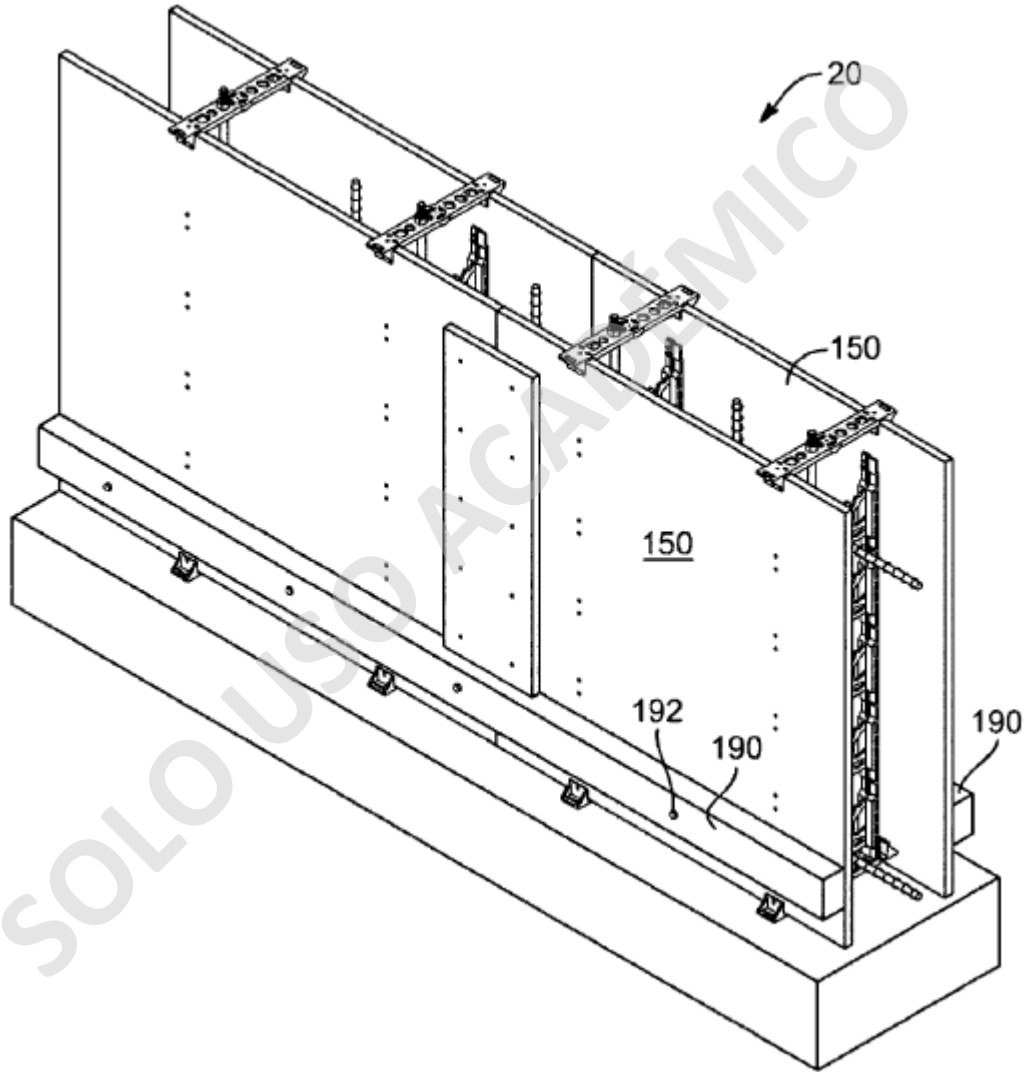
BIBLIOGRAFÍA.

- Aldunate Barzelatto, J. G. (2009). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Chilenos de Hormigón Armado.
- Blandón, C., Rave, J., & Bonett, R. (2015). Comportamiento de muros delgados de concreto reforzado ante cargas laterales. In *VII Congreso Sísmica*.
- Cáceres Quezada, M. I. (2019). Comparación de los resultados experimentales de muros de hormigón armado con doble malla preparada y electrosoldada.
- De la Peña, B. (2011). Propiedades y Uso del Hormigón Autocompactante. *Revista Ingeniería de Construcción*, 15(2), 74-80.
- De Solminihaç, H. (2011). *Procesos y técnicas de construcción*. Ediciones UC.
- Duarte, P. (2009). Innovación constructiva a principios del siglo XX: Preámbulo a la modernidad arquitectónica y arquitectura subestimada. *Revista de Arquitectura*, 15(20), Pág-20.
- Estay Díaz, C. G. (2008). Características de muros de hormigón armado diseñados en Chile.
- Hernández, L. L. (2010). *Diseño De Moldjes Utilizando Tableros: Aplicación Con Tableros De Louisiana Pacific y Otros* (Doctoral dissertation, Tesis Profesional, Universidad Austral De Chile, Valdivia).
- Hube, M. A., & de la Llera, J. C. (2015). Análisis Experimental de Muros Esbeltos de Hormigón Armado. In *Artículo en XI Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica* (pp. 1-13).
- Instituto Nacional de Normalización (2016). Hormigón- Requisitos Generales (Cuarta edición NCH 170:2016). Santiago, Chile.
- Jiménez Montoya, P., García Meseguer, A., & Morán Cabré, F. (1976). Hormigón armado. *Editorial Gustavo Gili*.
- Jorquera-Silva, N., & de la Luz Lobos-Martínez, M. (2017). Técnica y configuración material del centro histórico de Santiago de Chile a inicios del siglo XX. Una lectura desde los catastros municipales de 1910 y 1939. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad]*, (22), 46-52.

- Mas, P. B. (2014). Criterios de selección del aditivo superplastificante en HAC. *Cemento Hormigón*, (962), 58-65.
- McDonagh, G. (2013). *U.S. Patent No. 8,348,224*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-compacting concrete. *Journal of advanced concrete technology*, 1(1), 5-15.
- Páez, A. (1986). *Hormigón armado*. Reverté.
- Peri Chile (Actualizada: 2 de septiembre 2020). Encofrados, Andamios e Ingeniería. Consultada: 5 de julio de 2020, desde: <https://www.peri.cl/>
- Perles, P. (2003). *Hormigón armado*. Nobuko.
- Salazar, R. V., & Pérez, R. S. (2011). Design and evaluation of Self-consolidating Concrete (SCC). *Revista Ingeniería de Construcción*, 21(1), 57-70.
- Spider Tie System Latinoamérica (Actualizada: 24 de septiembre 2018). Spider Tie Concrete Forming System. Consultada: 20 de abril de 2020, desde: <http://www.spidertiesystemla.com/quienes-somos.html>
- Wester Forms (Actualizada: 4 de abril 2015). Western concrete Wall Forms. Consultada: 28 de julio 2020, desde: <https://www.westernforms.com/?lang=es>

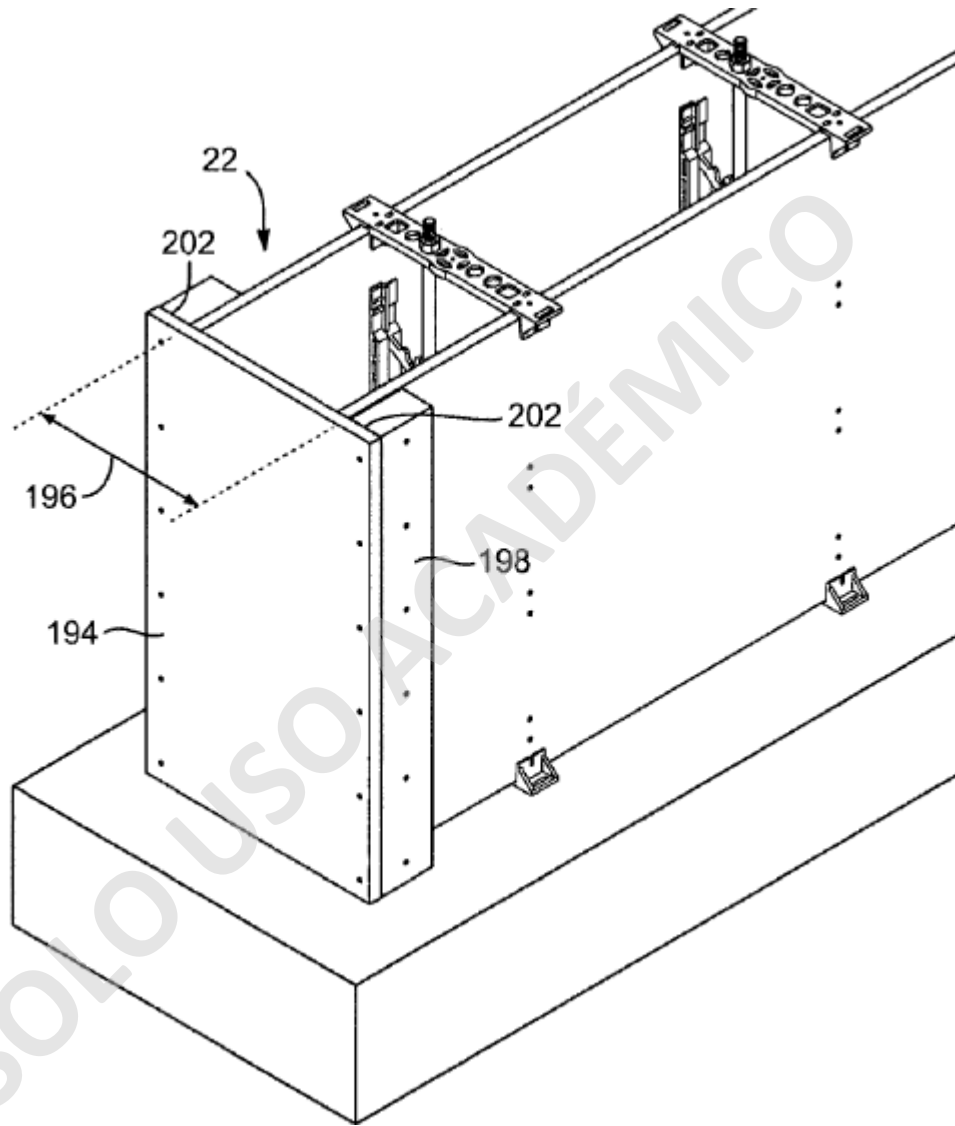
ANEXOS.

Anexo N°1. Refuerzo de madera entre planchas, Sistema Spider Tie.



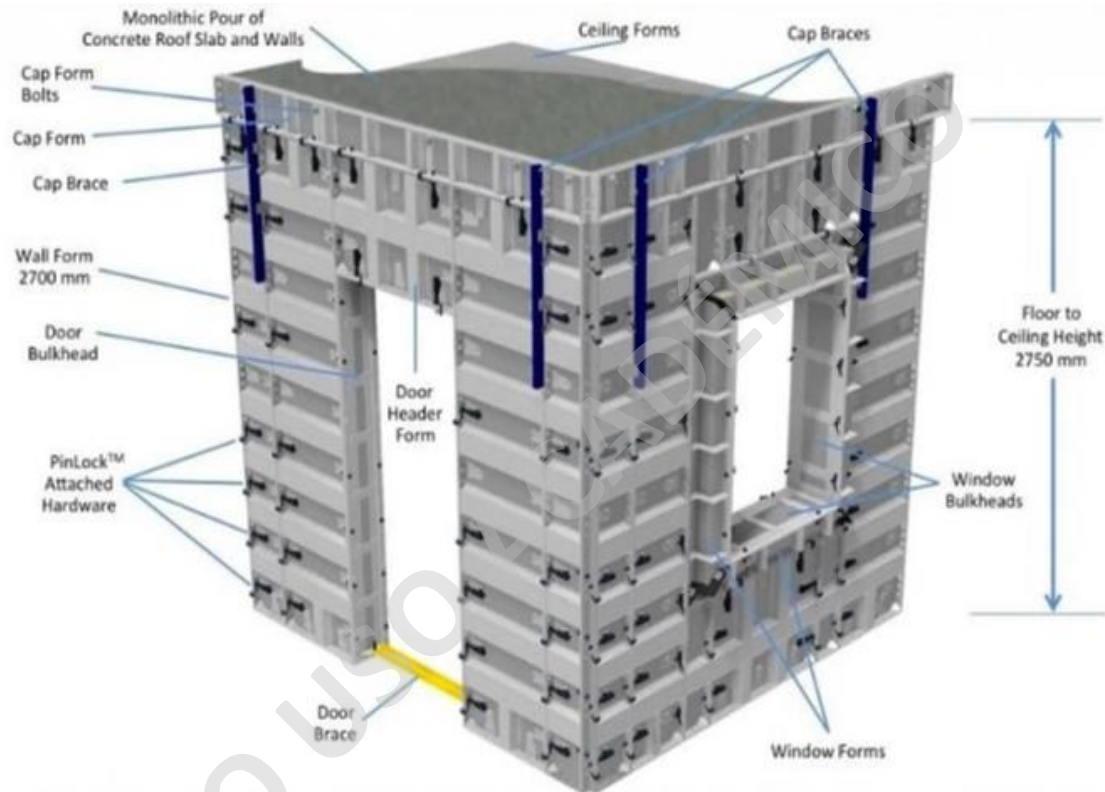
Item	Description
20	pouring concrete
150	Panel Structure
192	Extending laterally through both whalers
190	Such lag whaler arrangement provides additional Support to the tie system

Anexo N°2. Refuerzo de encuentro de muro, Sistema Spider Tie.



Item	Description
22	Pouring concrete
202	The wider end sheet
196	Parallel plywood panel structures
194	Plywood be cut wider, such as about three inches wider
198	Securing two 2x4 beams

Anexo N° 3. Montaje del sistema, detalle de piezas de Encofrado Wester Forms.



Anexo N° 4. Montaje del sistema, detalle de piezas de encofrado Peri UNO.

