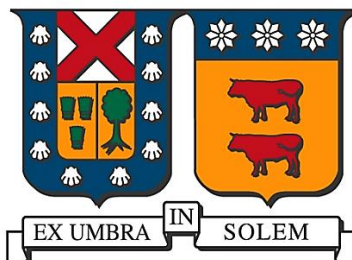


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
SANTIAGO – CHILE



**ESTANDARIZACIÓN DE PROCOTOLOS PARA EL CONTROL DE
CALIDAD DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ELEMENTOS
HORIZONTALES DE OBRA GRUESA EN HORMIGÓN ARMADO**

ANDRÉS RODRIGO CARRILLO RAMÍREZ

Memoria para optar al título de:
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía:
JUAN CLAUDIO VALENZUELA GÁLVEZ

Mayo de 2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

SANTIAGO – CHILE



**ESTANDARIZACIÓN DE PROCOTOLOS PARA EL CONTROL DE
CALIDAD DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ELEMENTOS
HORIZONTALES DE OBRA GRUESA EN HORMIGÓN ARMADO**

Memoria de titulación presentada por:
ANDRÉS RODRIGO CARRILLO RAMÍREZ

Como requisito parcial para optar al título de:
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía:
JUAN CLAUDIO VALENZUELA GÁLVEZ

Mayo de 2017

*A Cecilia, Paula y Rodrigo por todo lo que me han dado,
y por siempre creer en mí...*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco por sobre todo a mi madre Cecilia, mi hermana Paula y mi padre Rodrigo, por todo lo que me han dado y la hermosa vida que me han permitido vivir. A ustedes dedico este trabajo como también todos los esfuerzos y metas que he superado a lo largo de este duro y largo camino para llegar hasta aquí. Les doy gracias por acompañarme y apoyarme en cada paso y fracaso de mi vida.

A mi pareja Cony, que marcó un punto de inflexión en este duro camino. Es y fue un pilar fundamental en los momentos más difíciles y complicados que viví en el camino para llegar a esta instancia.

Doy gracias a mi profesor guía Juan Valenzuela y profesor Felipe Araya por haberme dado esta tremenda oportunidad. Gracias profesor Juan por acceder a ser mi profesor guía y acompañarme en este proceso. Valoro mucho la disposición que ha tenido durante este tiempo.

Agradezco mucho a Robinson, Ricardo y Jorge de Calidad Cloud por darme esta enorme oportunidad de realizar este trabajo con su apoyo. Por ayudarme en todo lo que necesité, desde la información, datos, orientación, reuniones, visitas a terreno, etc. Valoro muchísimo su disposición y tiempo invertido en este trabajo.

Gracias a Daniela y Constanza porque nos acompañamos, apoyamos y complementamos para la realización de este trabajo.

Gracias a mis amigas y amigos con los que compartí momentos de esfuerzo y sacrificio en cada asignatura. Entre ellos Martín, José Ignacio, Catalina D. Catalina A., Sybila. También agradezco a mi grupo de amigos autodenominados Renegados quienes me acogieron con su amistad en un momento difícil en lo personal y académico.

Agradezco a mis amigos y compañeros Lastarrinos que conservo su amistad hasta hoy. Son una parte importante de mi vida y me ayudan a conservar la alegría y el entusiasmo en la vida.

Y a los que siguen en la lucha para finalizar esta etapa académica, les mando toda mi fuerza y apoyo.

RESUMEN

RyR Optimiza es una empresa que se dedica a entregar herramientas para mejorar procesos utilizando principalmente tecnologías de la información. Su principal objetivo es crear soluciones integrales a la gestión de empresas constructoras e inmobiliarias.

RyR Optimiza cuenta con un sistema digital llamado Calidad Cloud, que permite controlar la calidad de los procesos constructivos que se llevan a cabo en obras de edificación a través de protocolos de control que se llevan en línea.

A partir de la experiencia en la implementación de Calidad Cloud, se ha observado en las diferentes empresas que utilizan este sistema, la existencia de distintos protocolos de control, en consecuencia, hay desigualdades en la forma de controlar alguna actividad o partida que está basada en dichos protocolos. A partir de lo anterior, surge la necesidad de contar con protocolos de control estándar, con patrones generales para los puntos de revisión que éstas contienen.

Este trabajo consiste en elaborar y proponer protocolos estándar para controlar la calidad de procesos constructivos de partidas de obra gruesa como Moldaje, Armadura y Hormigonado de elementos horizontales como Losas, Vigas y Capiteles. Para ésto se utilizarán los protocolos de control existentes de un grupo de empresas que trabajan con Calidad Cloud, como también normativa vigente y manuales relaciondos.

También se realiza un análisis de los datos históricos de fallas de un grupo de empresas que disponen de esta información, en función de los puntos de revisión y según el avance de construcción.

Los protocolos elaborados se ponen a prueba en terreno permitiendo evaluar, validar y/o modificar su contenido; como también observar y aprender cómo se llevan a cabo los procesos constructivos en la práctica en terreno.

Finalmente, se propone una versión final de los protocolos de control estándar utilizando datos, información, análisis, aprendizaje normativa y manuales relacionados al trabajo realizado.

ABSTRACT

RyR Optimiza is a company dedicated to deliver tools to improve processes using mainly information technologies. Its objective is to create integral solutions for construction and real estate companies' management.

RyR Optimiza own a digital system called Calidad Cloud, this system allows to control the construction processes quality that are carried out in building works through control protocols that are carried online.

Based on the experience in the implementation of Calidad Cloud, it has been observed in different companies using currently this system, the existence of different control protocols, consequently, there are inequalities in the way control is performed in some activities or items that are based on these protocols. Therefore, the need arises to have standard control protocols with general patterns for * check points they contain.

This work consists of elaborate and propose standard protocols to control the quality of construction processes of structural work such as Formwork, Reinforcement and Concrete of horizontal elements such as Slabs, Beams and Capitals. This analysis will use the existing control protocols of a group of companies currently working with Calidad Cloud, as well as current regulations and related manuals.

An analysis of the historical failure data for a group of companies having this information available is also performed, depending on the review points and according to the progress of construction.

The proposed protocols are tested onsite allowing to evaluate, validate and / or modify their content; As well as observe and learn how construction processes are actually carried out onsite.

At last, a final version of standard control protocols are proposed using data, information, analysis, regulations and manuals related with the work done.

GLOSARIO

- ISO** : International Organization of Standardization
- PDCA** : Ciclo planificar-hacer-verificar-actuar (en inglés Plan-Do-Check-Act)
- 7QC** : Siete herramientas básicas de calidad
- ITO** : Inspección Técnica de Obras

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	1
1.1	Problema y Oportunidad	2
1.2	Objetivos del Trabajo	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos	3
1.3	Metodología del Trabajo	3
1.4	Alcance del Trabajo	4
1.5	Estructura del Trabajo	4
2	Marco Teórico.....	6
2.1	Generalidades de Gestión y Control de Calidad para Proyectos.....	6
2.1.1	Definición de Calidad.....	6
2.1.2	Gestión de la Calidad de un Proyecto.....	6
2.2	Aspectos Legales, Estado del Arte y Experiencia Internacional.....	16
2.3	Inspección Técnica de Obras	19
2.3.1	Definiciones y términos.....	20
2.3.2	Modalidad de Inspección Técnica de Obras	21
2.3.3	Metodología Para el Control Técnico de Obras	22
2.3.4	Cartillas de Control	24
2.4	Partidas de Obra Gruesa en Estudio	27
2.4.1	Moldaje.....	27
2.4.2	Armadura.....	38
2.4.3	Hormigonado	50
3	Antecedentes y Recopilación de datos	56
3.1	El Sistema Digital en Línea “Calidad Cloud”	56
3.2	Obtención de Información de Protocolos y Registro de Fallas	57
3.2.1	Moldaje.....	58
3.2.2	Armadura.....	59
3.2.3	Hormigonado	60
3.3	Información de Protocolos de Control	61
4	Análisis de Datos Historicos de Fallas	62
4.1	Concepto de Diagrama de Pareto.....	62
4.2	Datos de Fallas por Puntos de Revisión mediante Diagramas de Pareto	63
4.2.1	Moldaje.....	63

4.2.2	Armadura.....	71
4.2.3	Hormigonado	85
4.3	Datos de fallas según avance de construcción	94
5	Elaboración de Protocolos de Control preliminares	101
5.1	Protocolo de Control preliminar Moldaje	101
5.2	Protocolo de Control preliminar Armadura	103
5.3	Protocolo de Control preliminar Hormigonado	104
6	Toma de Datos en Terreno	105
6.1	Protocolos de control segunda versión	105
6.1.1	Moldaje.....	106
6.1.2	Armadura.....	110
6.1.3	Hormigonado	116
6.2	Datos Obtenidos.....	119
6.2.1	Mediciones Propias	120
6.2.2	Mediciones por Constructora	133
7	Protocolos de Control Finales	140
7.1	Moldaje	141
7.2	Armadura.....	156
7.3	Hormigonado	162
8	Conclusiones y Recomendaciones	167
8.1	Conclusiones	167
8.2	Recomendaciones	168
9	Referencias	169
10	Anexos.....	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Descripción General de la Gestión de la Calidad de un Proyecto	7
Figura 2-2. Diagrama de flujo de datos de Planificar la Gestión de la Calidad	9
Figura 2-3. Costos de la Calidad.....	10
Figura 2-4. Siete herramientas básicas de Calidad	11
Figura 2-5. Diagrama de flujo de datos de Realizar el Aseguramiento de Calidad	12
Figura 2-6. Siete herramientas de Gestión y Control de Calidad.....	13
Figura 2-7. Diagrama de flujo de datos de Realizar Control de Calidad	14
Figura 2-8. Cartilla de Control de Moldaje de Losa Cielo 2º Piso	24
Figura 2-9. Cartilla de Control de Moldaje de Cadenas y Vigas 3º Piso.	25
Figura 2-10. Cartilla de Control de Hormigón de Losa 2º Piso.	25
Figura 2-11. Cartilla de Control de Hormigón de Cadenas y Vigas 3º Piso.	26
Figura 2-12. Partes de un Moldaje de Vigas	29
Figura 2-13. Partes de un Moldaje de Losas.....	30
Figura 2-14. Partes de un Moldaje de Losas (Alzaprima).....	31
Figura 2-15. Colocación de alzaprimas y trípodes para Moldaje Losa	33
Figura 2-16. Colocación de vigas primarias para Moldaje Losa	33
Figura 2-17. Colocación de vigas secundarias para Moldaje Losa.....	34
Figura 2-18. Colocación de Placa para Moldaje Losa	34
Figura 2-19. Colocación de alzaprimas y trípodes para Moldaje Viga	35
Figura 2-20. Colocación de Cabezales de alzaprimas para Moldaje Viga	35
Figura 2-21. Colocación de vigas primarias para Moldaje Viga.....	36
Figura 2-22. Colocación de fondo de viga para Moldaje Viga	36
Figura 2-23. Colocación de laterales para Moldaje Viga	37
Figura 2-24. Ejemplo de elementos cargados, con y sin armaduras.	38
Figura 2-25. Elementos principales de una armadura de una Viga o Columna	40
Figura 2-26. Equipos, herramientas y maquinarias para la fabricación de armaduras.....	41
Figura 2-27. Medidas mínimas para barras con ganchos.....	43
Figura 2-28. Tipos de amarrias con alambre	44
Figura 2-29. Separadores y soportes de concreto	46
Figura 2-30. Separadores y soportes plásticos	47
Figura 2-31. Soportes y separadores de acero	48
Figura 2-32. Soportes y separadores de acero (continuación)	49
Figura 2-33. Ubicación de juntas de hormigonado en Losas y Vigas	52
Figura 2-34. Ubicación de juntas de hormigonado para encuentros de vigas	53
Figura 4-1. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 1.....	64
Figura 4-2. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas, Vigas y Capiteles Empresa 3	65
Figura 4-3. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas Empresa 4	66
Figura 4-4. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 11.....	67
Figura 4-5. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas Empresa 12	68
Figura 4-6. Diagrama de Pareto de Moldaje de Vigas Empresa 15.....	69
Figura 4-7. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 18.....	70
Figura 4-8. Diagrama de Pareto de Armadura de Losas Empresa 1	72
Figura 4-9. Diagrama de Pareto de Armadura de Vigas Empresa 1.....	73
Figura 4-10. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 3	74
Figura 4-11. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 4	75
Figura 4-12. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 5	76
Figura 4-13. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 7	77
Figura 4-14. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 9	78

Figura 4-15. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 11	79
Figura 4-16. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 12	80
Figura 4-17. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 13	81
Figura 4-18. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 14	82
Figura 4-19. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 15	83
Figura 4-20. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 18	84
Figura 4-21. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 1.....	86
Figura 4-22. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 4.....	87
Figura 4-23. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 9.....	88
Figura 4-24. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 11.....	89
Figura 4-25. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 12.....	90
Figura 4-26. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 13.....	91
Figura 4-27. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 15.....	92
Figura 4-28. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 18.....	93
Figura 4-29. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 1	94
Figura 4-30. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 4	95
Figura 4-31. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 11	96
Figura 4-32. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 12	97
Figura 4-33. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 18	98
Figura 6-1. Huincha de sacrificio o reapuntalamiento en moldaje de losas.	108
Figura 6-2. Plano de armadura inferior de losa.	111
Figura 6-3. Plano de armadura superior de losa.	111
Figura 6-4. Instalación de Patas o Sillas en Armadura de Losa.	112
Figura 6-5. Plano de armadura de viga.	115
Figura 6-6. Plano de armadura de viga (corte).....	115
Figura 6-7. Datos de Terreno Moldaje Capitel.....	120
Figura 6-8. Fallas Moldaje Capiteles.....	121
Figura 6-9. Datos de Terreno Moldaje Losas	121
Figura 6-10. Fallas Moldaje Losas.	122
Figura 6-11. Datos de Terreno Moldaje Viga.	122
Figura 6-12. Datos de Terreno Armadura Capiteles.....	123
Figura 6-13. Fallas Armadura Capiteles.....	123
Figura 6-14. Datos de Terreno Armadura Losas.	124
Figura 6-15. Fallas Armadura Losas.	124
Figura 6-16. Datos de Terreno Armadura Vigas.....	125
Figura 6-17. Fallas Armadura Vigas.....	125
Figura 6-18. Datos de Terreno Hormigonado Capitel.....	126
Figura 6-19. Datos de Terreno Hormigonado Losas.	127
Figura 6-20. Fallas Hormigonado Losas.	128
Figura 6-21. Datos de Terreno Hormigonado Vigas.	129
Figura 6-22. Ausencia de trípode en alzaprima según plano de montaje.	130
Figura 6-23. Ausencia de viga secundaria según plano de montaje.....	131
Figura 6-24. Incumplimiento de estanqueidad de placas con espacio excesivo.	132
Figura 6-25. Datos de Terreno Moldaje Losas (Constructora).....	133
Figura 6-26. Datos de Terreno Moldaje Vigas (Constructora)	134
Figura 6-27. Datos de Terreno Armadura Losas (Constructora)	135
Figura 6-28. Datos de Terreno Armadura Vigas (Constructora)	136
Figura 6-29. Fallas Armadura Vigas (Constructora)	137
Figura 6-30. Datos de Terreno Hormigonado Losas (Constructora).....	138
Figura 6-31. Datos de Terreno Hormigonado Vigas (Constructora)	138
Figura 7-1. Torre de apuntalamiento para losas de gran altura.	144

Figura 7-2. Muros y vigas de borde que no permiten plataforma de contorno.	145
Figura 7-3. Plataforma de contorno como extensión de placa de losa.	146
Figura 7-4. Instalación de barandas en bordes de losas.	147
Figura 7-5. Moldaje y plataforma de viga perimetral.	148
Figura 7-6. Plataforma de trabajo y apuntalamiento de muros exteriores.....	149
Figura 7-7. Torre de apuntalamiento para vigas de gran altura.....	151
Figura 7-8. Imagen de Solera en Moldaje de Losa.....	153
Figura 7-9. Método de retiro de alzaprimas de reapuntalamiento (1).	154
Figura 7-10. Método de retiro de alzaprimas de reapuntalamiento (2).	155
Figura 7-11. Plano de Armadura de Losas. Refuerzos de Losa y Shaft (Pasadas)	157
Figura 7-12. Ejemplo de Detalle Refuerzo de Losa.....	158
Figura 7-13. Ejemplo de Detalle Refuerzo de Shaft (Pasada)	158
Figura 7-14. Ejemplo de Detalle de Anclaje de Suples en Muro.....	159
Figura 7-15. Trabajador utilizando marcador para espesor de losa.....	165
Figura 7-16. Marcador de Losa o "Chapulina" para el caso de 15 cm de espesor	166
Figura 7-17. Marcador de Capitel o "Chapulina" para el caso de 30 cm de espesor	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Asentamiento de cono del hormigón según tipo de estructura	51
Tabla 2-2. Altura de caída libre del hormigón.....	54
Tabla 3-1. Resumen de contenido para partida de Moldaje de 20 empresas.....	58
Tabla 3-2. Resumen de contenido para partida de Armadura de 20 empresas.....	59
Tabla 3-3. Resumen de contenido para partida de Hormigonado de 20 empresas	60
Tabla 4-1. Rango de fechas de datos de fallas para Moldaje	63
Tabla 4-2. Rango de fechas de datos de fallas para Armadura.....	71
Tabla 4-3. Rango de fechas de datos de fallas para Hormigonado	85
Tabla 4-4. Resultados de estadístico de prueba para los datos de fallas de 5 empresas.	99
Tabla 5-1. Protocolo de control preliminar para Moldaje	102
Tabla 5-2. Protocolo de control preliminar para Armadura	103
Tabla 5-3. Protocolo de control preliminar para Hormigonado	104
Tabla 6-1. Protocolo de control Moldaje de Losas y Capiteles (segunda versión)	106
Tabla 6-2. Protocolo de control Moldaje de Vigas (segunda versión).....	109
Tabla 6-3. Protocolo de control Armadura de Losas (segunda versión)	110
Tabla 6-4. Protocolo de control Armadura de Capiteles (segunda versión).....	113
Tabla 6-5. Protocolo de control Armadura de Vigas (segunda versión).....	114
Tabla 6-6. Protocolo de control Hormigonado (segunda versión).....	117
Tabla 7-1. Protocolo de Control Final Moldaje Losas.....	141
Tabla 7-2. Protocolo de Control Final Moldaje Vigas.....	150
Tabla 7-3. Protocolo de Control Final Moldaje Capiteles.....	152
Tabla 7-4. Protocolo de Control Final Armadura Losas.....	156
Tabla 7-5. Protocolo de Control Final Armadura Vigas	160
Tabla 7-6. Protocolo de Control Final Armadura Capiteles.....	161
Tabla 7-7. Protocolo de Control Final Hormigonado Losas y Capiteles.....	163
Tabla 7-8. Protocolo de Control Final Hormigonado Vigas.....	164

1 INTRODUCCIÓN

El rápido y constante crecimiento que ha experimentado la industria de la construcción en los últimos años, ha creado una competencia cada vez más fuerte entre las distintas empresas del rubro, las cuales para poder sobrevivir en un mercado cada vez más exigente están obligadas a mejorar continuamente el desempeño de los procesos dentro de sus obras y así mejorar también los resultados generales de la organización.

La mayoría de las empresas del sector de la construcción, se caracterizan por esforzarse en cumplir con los plazos establecidos, debido a un tema principalmente económico, pero esto, en muchas ocasiones influye negativamente en la calidad del producto o servicio entregado. De ahí que resulta común en una obra, que luego de realizadas las actividades involucradas en el proceso productivo, viene todo un proceso de reparación de detalles, rehacer en algunos casos ciertas tareas, lo que se traduce en pérdidas que no estaban adecuadamente contempladas en el presupuesto inicial, existiendo en algunas constructoras la costumbre de aumentar el ítem de imprevistos para considerar estas reparaciones.

En la actualidad, para las empresas dedicadas al área de la construcción cada vez va adquiriendo mayor importancia la aplicación de un Sistema de Gestión de la Calidad, con el fin de lograr un mejor control interno y a su vez obtener un manejo sistemático de la calidad de procesos y productos.

Los Sistemas de Gestión de la Calidad tienen su soporte en la manera en que se aplican, ya que allí se establecen las formas de operar de la organización, el desarrollo de los procesos y la toma de decisiones.

Actualmente, toda empresa que desee ser competitiva en el mercado, debe establecer políticas y estrategias que permitan aumentar el nivel de calidad de sus productos o servicios; debido fundamentalmente, al incremento en las exigencias de los clientes y a la necesidad de elevar su productividad en la forma más económica posible.

Es por lo anterior que, a lo largo del tiempo, es importante introducir cambios y mejoras en la manera en que se llevan a cabo todos los procesos de la Gestión de la Calidad para un proyecto, como planificar la gestión, asegurar y controlar la calidad.

1.1 Problema y Oportunidad

RyR Optimiza cuenta con un sistema digital llamado Calidad Cloud, que permite controlar la calidad de los procesos constructivos que se llevan a cabo en obras de edificación.

Calidad Cloud cuenta con protocolos de control (listas de chequeo) que se llevan en línea, lo que permite realizar métricas y comparativas en tiempo real de lo que sucede en obra, sin tener que esperar que se traspasen los datos a planillas, evitando pérdidas de datos y ampliando los puntos de revisión, además de registrar con fotografías los sucesos o hallazgos encontrados. [1]

A partir de la experiencia en la implementación de Calidad Cloud, se ha observado en las diferentes empresas que utilizan este sistema, la existencia de distintos protocolos de control, en consecuencia, hay desigualdades en la forma de controlar alguna actividad o partida que está basada en dichos protocolos.

Por parte de Calidad Cloud, surge la necesidad de contar con protocolos de control estándar, con patrones generales para los puntos de revisión que estas contienen. Se plantea la necesidad de definir puntos y parámetros de revisión que aseguren la mínima calidad de los procesos constructivos en obra gruesa. Esto se vuelve una oportunidad de desarrollo de un sistema que debe ser enfocado principalmente en la mejora continua de sus procesos.

La estandarización de protocolos de control, trae consigo una gran oportunidad futura de generar un “panel de mercado comparativo”. Esto último se refiere a que, si el mercado de las empresas y obras controlaran su calidad con una base estándar, se pueden generar métricas y comparativas entre empresas o entre una empresa y “el mercado”, ya que estarían controlando su calidad con el mismo instrumento y parámetros de medición. Esto les permitiría a las empresas poder saber cómo están sus indicadores comparados con los del mercado. Esta comparación puede ser una gran herramienta de estrategia de marketing y difusión, para una constructora o inmobiliaria.

1.2 Objetivos del Trabajo

1.2.1 Objetivo General

El objetivo principal del presente trabajo es estandarizar los distintos puntos de revisión, contenidos en protocolos de control de calidad, referentes a partidas de Moldaje, Armadura y Hormigonado de elementos horizontales de obra gruesa, como Losas, Vigas y Capiteles. Todo esto con la intención de asegurar una calidad mínima a los métodos constructivos correspondientes. Esto se lleva a cabo, basándose en los actuales protocolos de un conjunto de empresas que trabajan con el sistema digital Calidad Cloud, como también se recurre a normativa vigente y manuales relacionados. La estandarización de los protocolos de control se pone a prueba en terreno, permitiendo evaluar, validar y/o modificar su contenido; como también observar y aprender cómo se llevan a cabo los procesos constructivos realmente en la práctica en terreno. Con toda la información recopilada, observada y aprendida en terreno; como también en manuales y normas, se proponen protocolos de control que reúnen los puntos de control que aseguran la correcta ejecución de las partidas de obra gruesa mencionadas anteriormente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Observar y analizar los protocolos de control existentes para un conjunto de empresas y utilizarlos a modo de patrón inicial para elaborar una primera versión estándar.
- Analizar datos históricos de fallas para partidas de Moldaje, Armadura y Hormigonado de un conjunto de empresas con las que se cuenta información, según puntos de revisión y avance de construcción.
- Elaborar una primera versión estándar de los puntos de revisión contenidos en protocolos de control de calidad para las partidas de obra gruesa de Moldaje, Armadura y Hormigonado para Losas, Vigas y Capiteles. Basándose en los protocolos existentes del conjunto de empresas en estudio y considerando normativa vigente y manuales relacionados a los procesos constructivos correspondientes.
- Utilizar y probar los protocolos de control estándar en terreno para estimar su utilidad práctica; evaluar, validar y/o modificar su contenido; como también observar y aprender cómo se llevan a cabo los procesos constructivos realmente en la práctica en terreno
- Elaborar y proponer un estándar final de los puntos de revisión de los protocolos de control, utilizando todo lo realizado señalado anteriormente.

1.3 Metodología del Trabajo

Éste trabajo comienza con la facilitación, por parte de RyR Optimiza, de protocolos de control de 20 empresas, que utilizan Calidad Cloud. También se facilita una estadística histórica de revisión de algunas empresas que contiene datos de “cumple”, “falla” y “no aplica”, de las distintas partidas. Con toda esta información y la inclusión de normativa vigente y manuales relacionados, se procede a elaborar una primera versión estándar de protocolos de control.

Posteriormente se procede a realizar visitas a terreno a una obra de edificación. De esta manera se podrá observar en la práctica los procesos y técnicas de construcción para comprobar su real utilidad práctica y generar una retroalimentación de mejora o posibles modificaciones.

Esta comprobación en terreno resulta muy importante para aprender y observar en detalle los procesos y técnicas constructivas paso a paso en todas sus etapas. Esta última es una de las actividades más importantes del presente trabajo para llegar a proponer un estándar final de revisión.

1.4 Alcance del Trabajo

El presente trabajo se enmarca en elaborar protocolos de control para partidas de obra gruesa como Moldaje, Armadura y Hormigonado de elementos horizontales de obra gruesa como Losas, Vigas (Vigas, Vigas Invertidas y Vigas Semi Invertidas) y Capiteles, en obras de edificación típicas como los edificios habitacionales en altura. A continuación, se presentan ciertos puntos de alcance sobre el trabajo.

- Se describen y explican los antecedentes, conceptos y generalidades referentes al concepto de calidad, relacionándolo a la industria de la construcción a través de manuales relacionados.
- Se realizan análisis de datos históricos recopilados por distintas empresas en sus actividades constructivas
- Se elabora y propone un primer estándar de protocolos de control para el control de calidad de partidas de Moldaje, Armadura y Hormigonado para Losas, Vigas y Capiteles. (elementos horizontales)
- Se elabora una segunda versión de los protocolos con lo observado y aprendido en terreno para luego comenzar las mediciones.
- Se elabora una versión final de los protocolos de control con todo lo aprendido y recopilado.

1.5 Estructura del Trabajo

- **Capítulo 1: Introducción**
- **Capítulo 2: Marco Teórico.** Se presentan definiciones y conceptos generales referentes a Gestión, Aseguramiento y Control de Calidad. También se presentan antecedentes sobre el estado del arte, aspectos legales, experiencia internacional e Inspección Técnica de Obras. Y finalmente, se expone información acerca de las actividades de obra gruesa como Moldaje, Armadura y Hormigonado.
- **Capítulo 3: Antecedentes y Recopilación de datos.** Se presenta información acerca del sistema Calidad Cloud y sus beneficios para el control de calidad en obras de edificación. Se presenta resumen de los datos recopilados a partir de lo entregado por RyR Optimiza de la información almacenada en Calidad Cloud. Se señala que en Anexo A se presentan todos los protocolos de control de varias empresas que trabajan con Calidad Cloud.
- **Capítulo 4: Análisis de Datos Históricos de Fallas.** Se presentan análisis de fallas históricas de varias empresas en relación a los puntos de revisión. Esto se realiza mediante diagramas de Pareto. También se presentan las fallas según avance de construcción de las empresas con las que se cuenta con información.

- **Capítulo 5: Elaboración de Protocolos de Control Preliminares.** Se presenta la elaboración de protocolos de control preliminar para las tres partidas en estudio.
- **Capítulo 6: Toma de Datos en Terreno.** Se presenta una segunda versión de los protocolos de control. Se exponen los datos obtenidos en terreno a partir de realizar un control de calidad en obra.
- **Capítulo 7: Protocolos de Control Finales.** Se presentan los protocolos de control en su versión final.
- **Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones.**
- **Capítulo 9: Bibliografía.**
- **Capítulo 10: Anexos.**

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de Gestión y Control de Calidad para Proyectos

2.1.1 Definición de Calidad

El concepto Calidad se define como el “grado en el que un conjunto de características¹ inherentes² cumple con los requisitos”^{3 4} [2]

En la industria de la construcción, estos “requisitos”, corresponden a los planos y especificaciones técnicas del proyecto, los cuales deben cumplir a su vez, con las normativas y legislación vigente del país; como también las técnicas constructivas deben cumplir normativa vigente que corresponda. Y las “características” corresponden al resultado de una partida o sub-partida o al proyecto completo dependiendo de la consideración.

2.1.2 Gestión de la Calidad de un Proyecto

La Gestión la Calidad de un Proyecto contiene las actividades y procesos de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue concebido. La Gestión de la Calidad usa políticas y procedimientos para implementar el sistema de gestión de la calidad en el contexto del proyecto, y, en la forma que resulte adecuada, apoya las actividades de mejora continua del proceso. La Gestión de la Calidad de un Proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto. [3]

Los procesos que componen la gestión de calidad de un proyecto se describen en la Figura 2-1 y se resumen a continuación:

- **Planificar la Gestión de la Calidad:** Es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.
- **Realizar el Aseguramiento de Calidad:** Es el proceso que consiste en auditar⁵ los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad y las definiciones operacionales adecuadas.
- **Controlar la Calidad:** Es el proceso por el que se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios.

¹ Una característica puede ser inherente o asignada y cualitativa o cuantitativa. Existen varias clases de características como: física, sensorial, de comportamiento, de tiempo, ergonómicas, funcionales.

² Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

³ El término “calidad” puede usarse con adjetivos tales como pobre, buena o excelente.

⁴ “Inherente”, en contraposición a “asignado”, significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente.

⁵ Verificar y/o revisar

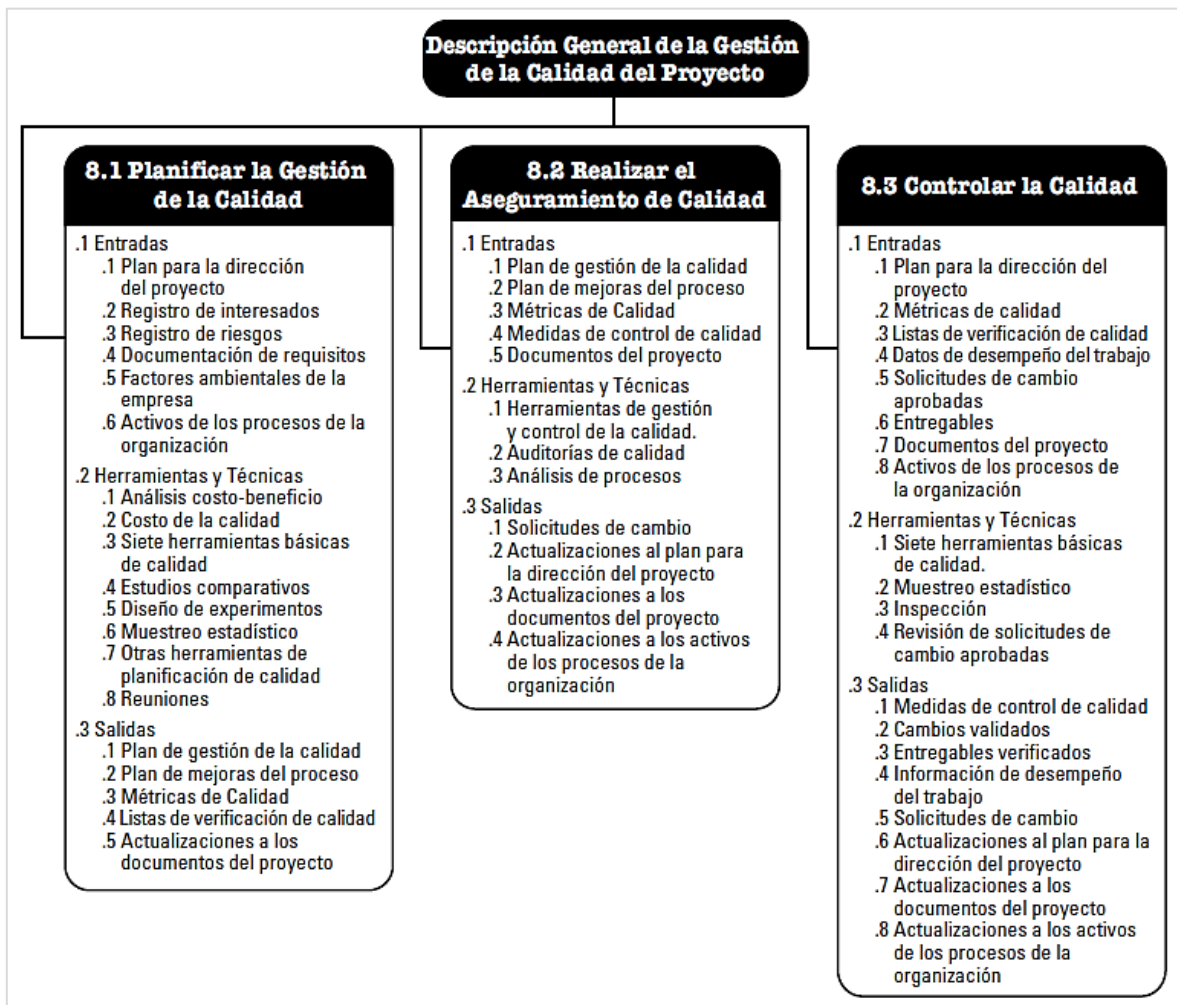


Figura 2-1. Descripción General de la Gestión de la Calidad de un Proyecto
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

En el contexto de lograr la compatibilidad con ISO (International Organization for Standardization), los enfoques modernos de gestión de la calidad persiguen minimizar las desviaciones y proporcionar resultados que cumplan con los requisitos especificados. Estos enfoques reconocen la importancia de:

- **La satisfacción del cliente.** Entender, evaluar, definir y gestionar los requisitos, de modo que se cumplan las expectativas del cliente. Esto requiere una combinación de conformidad con los requisitos (para asegurar que el proyecto produzca aquello para lo cual fue concebido) y adecuación para su uso (el producto o servicio debe satisfacer necesidades reales).
- **La prevención antes que la inspección.** La calidad debe ser planificada y construida; no inspeccionada dentro de la gestión del proyecto o en sus entregables. El costo de prevenir errores es en general mucho menor que el de corregirlos cuando son detectados por una inspección o durante el uso.
- **La mejora continua.** El ciclo planificar-hacer-verificar-actuar (PDCA por su siglas en inglés, Plan-Do-Check-Act) es la base para la mejora de la calidad.

- **Responsabilidad de la Dirección.** El éxito requiere la participación de todos los miembros del equipo del proyecto. Sin embargo sigue siendo responsabilidad de la dirección en lo que respecta a la calidad el proporcionar los recursos adecuados con las capacidades apropiadas.
- **Costo de la Calidad.** El costo de la calidad se refiere al costo total del trabajo conforme y del trabajo no conforme que se deberá realizar como esfuerzo compensatorio debido a que existe la probabilidad de que en el primer intento de realizar dicho trabajo una parte del esfuerzo para el trabajo a realizar se haga o se haya hecho de manera incorrecta. Se puede incurrir en costo del trabajo para la calidad todo a lo largo del ciclo de vida del entregable. Las decisiones que toma el equipo del proyecto, por ejemplo, pueden tener un impacto en los costos operacionales asociados con la utilización de un entregable completado. Una vez finalizado el proyecto se puede incurrir en costos de calidad como resultado de devoluciones de productos, de reclamaciones de garantías y de campañas de retirada de productos del mercado. Por lo tanto, debido a la naturaleza temporal de un proyecto y a los beneficios potenciales derivados de reducir los costos de la calidad de un proyecto una vez finalizado el mismo, las organizaciones patrocinadoras pueden tomar la decisión de invertir en la mejora de la calidad del producto. Estas inversiones se suelen llevar a cabo por lo general en las áreas de trabajo de conformidad, cuyos objetivos son prevenir defectos o mitigar los costos de los defectos a través de la inspección y retirada de las unidades no conformes. Además, los problemas relacionados con el costo de la calidad, una vez finalizado el proyecto, deberían ser una de las preocupaciones de la dirección del programa y de la dirección de portafolio, de modo que las oficinas de dirección de proyectos, de dirección de programas y de dirección de portafolios deberían aportar las revisiones adecuadas, las plantillas, y los fondos para ello.

2.1.2.1 Planificar la Gestión de la Calidad

El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará y validará la calidad a lo largo de un proyecto.

A continuación, en la Figura 2-2 se muestra un diagrama de flujo de la planificación de la gestión.

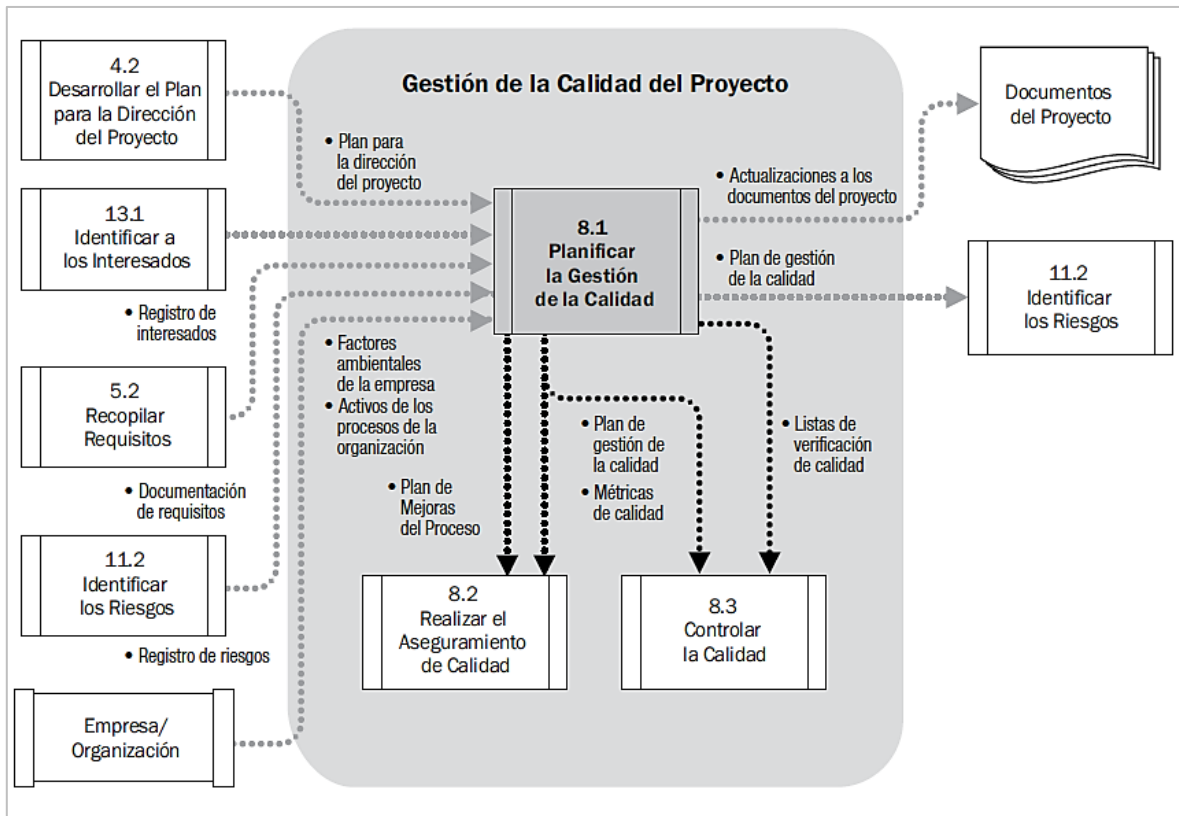


Figura 2-2. Diagrama de flujo de datos de Planificar la Gestión de la Calidad
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

Los principales beneficios de cumplir con los requisitos de calidad incluyen menos reiteración de trabajos, mayor productividad, costos menores, mayor satisfacción de los interesados y mayor rentabilidad. La realización de un análisis costo-beneficio para cada actividad de calidad permite comparar el costo del nivel de calidad con el beneficio esperado.

En cuanto a los costos de la calidad, se incluyen todos los costos en los que se ha incurrido durante la vida del proyecto a través de inversiones para prevenir el incumplimiento de los requisitos, de la evaluación de la conformidad del producto o servicio con los requisitos, y del no cumplimiento de los requisitos (re trabajo). Los costos por fallas se clasifican a menudo en internos (constatados por el equipo del proyecto) y externos (constatados por el cliente). Los costos por fallas también se denominan costos por calidad deficiente. La Figura 2-3 muestra ejemplos para considerar en cada área. [3]

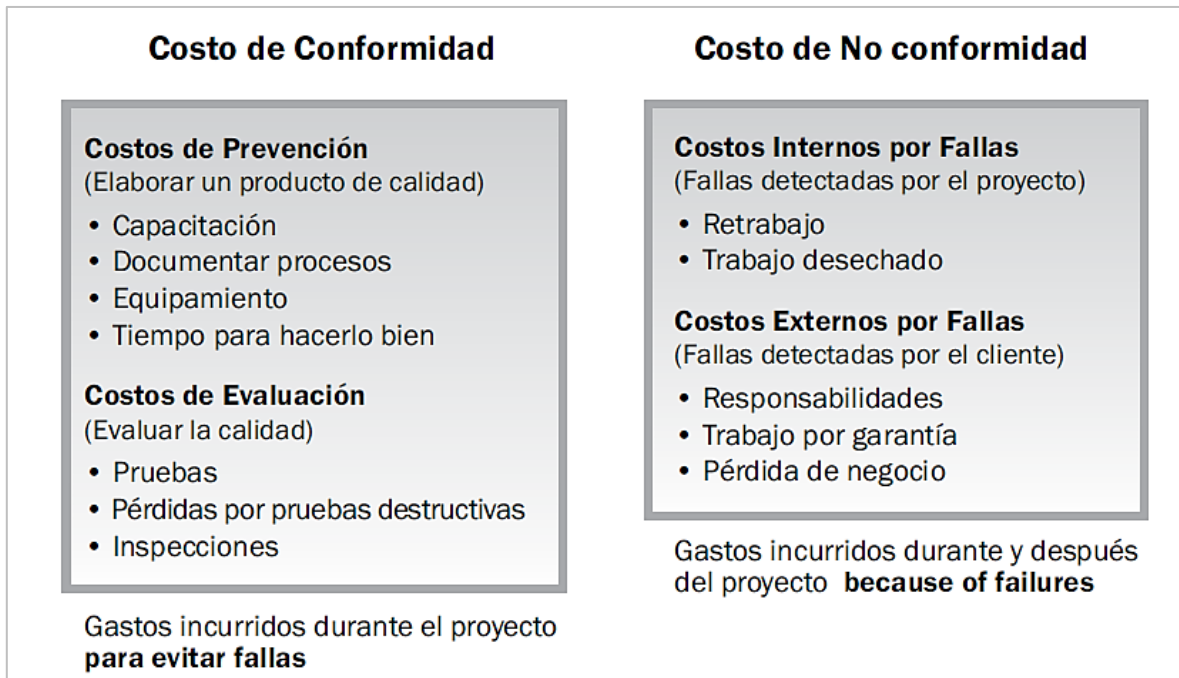


Figura 2-3. Costos de la Calidad
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

Las siete herramientas básicas de calidad, también conocidas en la industria como Herramientas 7QC, se utilizan en el contexto del Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) para resolver problemas relacionados con la calidad. Como ilustra conceptualmente la Figura 2-4.

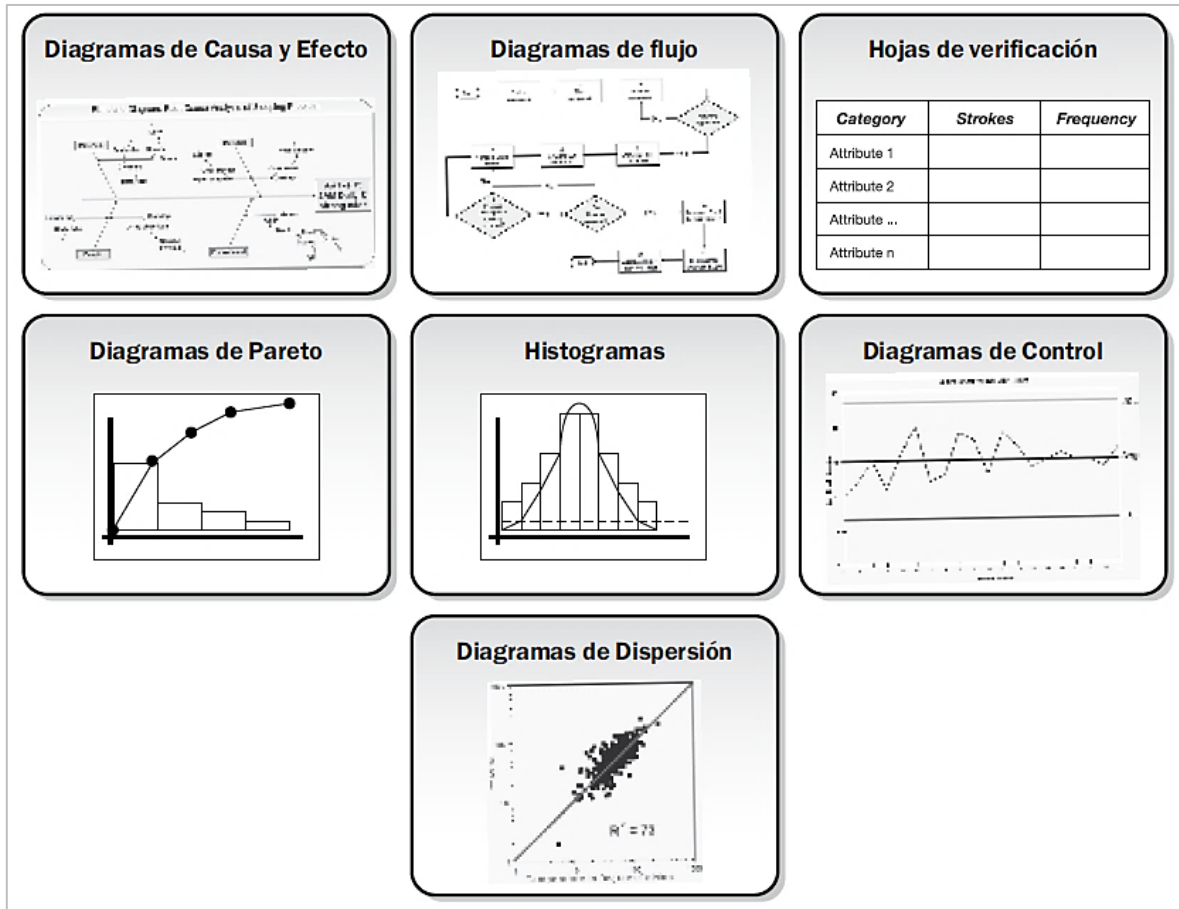


Figura 2-4. Siete herramientas básicas de Calidad
 Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

2.1.2.2 Realizar el Aseguramiento de la Calidad

El beneficio clave de este proceso es que facilita la mejora de los procesos de calidad.

A continuación, en la Figura 2-5 se muestra un diagrama de flujo consistente en realizar el aseguramiento de la calidad.

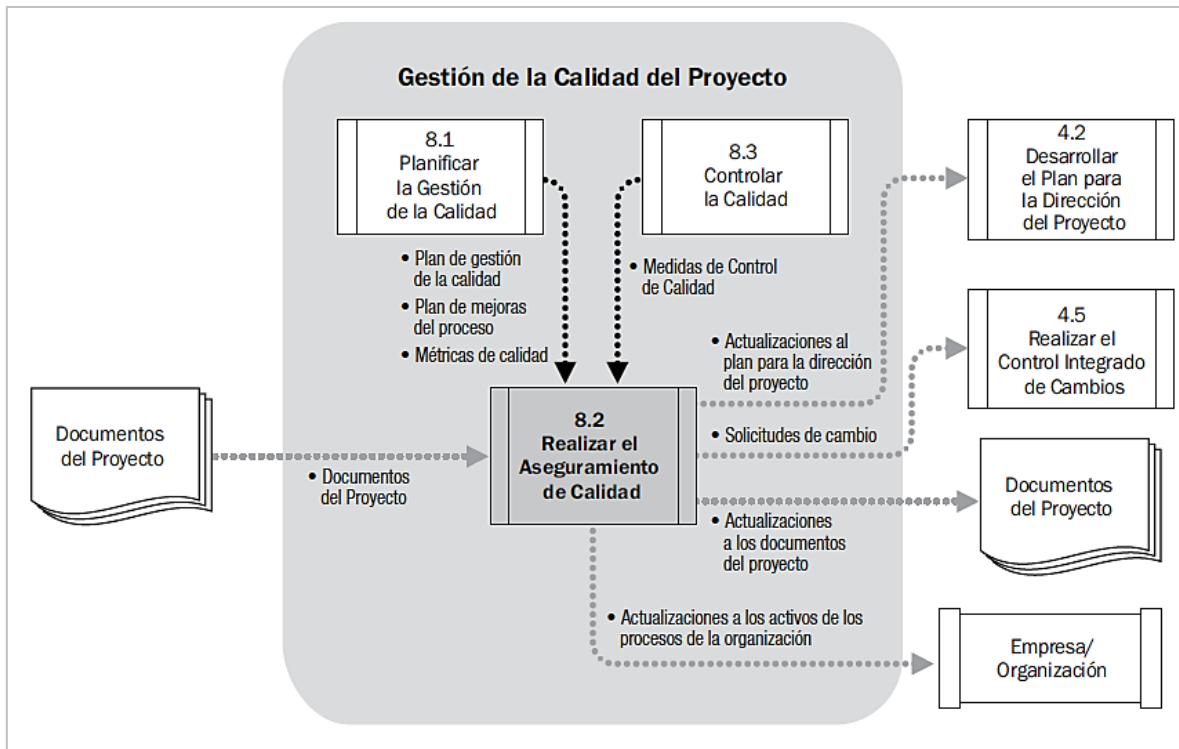


Figura 2-5. Diagrama de flujo de datos de Realizar el Aseguramiento de Calidad
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

El proceso de aseguramiento de la calidad implementa un conjunto de acciones y procesos planificados y sistemáticos que se definen en el ámbito del plan de gestión de la calidad del proyecto. El aseguramiento de la calidad persigue construir confianza en que las salidas futuras o incompletas, también conocidas como trabajo en curso, se completarán de tal manera que se cumplan los requisitos y expectativas establecidos. El aseguramiento de la calidad contribuye al estado de certeza sobre la calidad, mediante la prevención de defectos a través de procesos de planificación o de inspección de defectos durante la etapa de implementación del trabajo en curso. Realizar el Aseguramiento de Calidad es un proceso de ejecución que utiliza datos generados durante los procesos de Planificar la Gestión de la Calidad y Controlar la Calidad. [3]

En la dirección de proyectos, los aspectos de prevención e inspección de aseguramiento de la calidad deberían reflejarse de manera palpable en el proyecto. El costo del trabajo de aseguramiento de la calidad está enmarcado en la categoría de costo de la calidad. [3]

A menudo, las actividades de aseguramiento de calidad son supervisadas por un departamento de aseguramiento de calidad o una organización similar. Independientemente de la denominación de la unidad, esta puede proporcionar apoyo en términos de aseguramiento de calidad al equipo del proyecto, a la dirección de la organización ejecutora, al cliente o patrocinador, así como a otros interesados que no participan activamente en el trabajo del proyecto.

Realizar el Aseguramiento de Calidad cubre también la mejora continua del proceso, que es un medio iterativo de mejorar la calidad de todos los procesos. La mejora continua de procesos reduce las pérdidas y elimina las actividades que no agregan valor. Esto permite que los procesos operen con niveles más altos de eficacia y eficiencia.

El proceso de Realizar el Aseguramiento de Calidad utiliza herramientas y técnicas de los procesos Planificar la Gestión de la Calidad y Controlar la Calidad. Existen además otras herramientas disponibles que se muestra en la Figura 2-6.

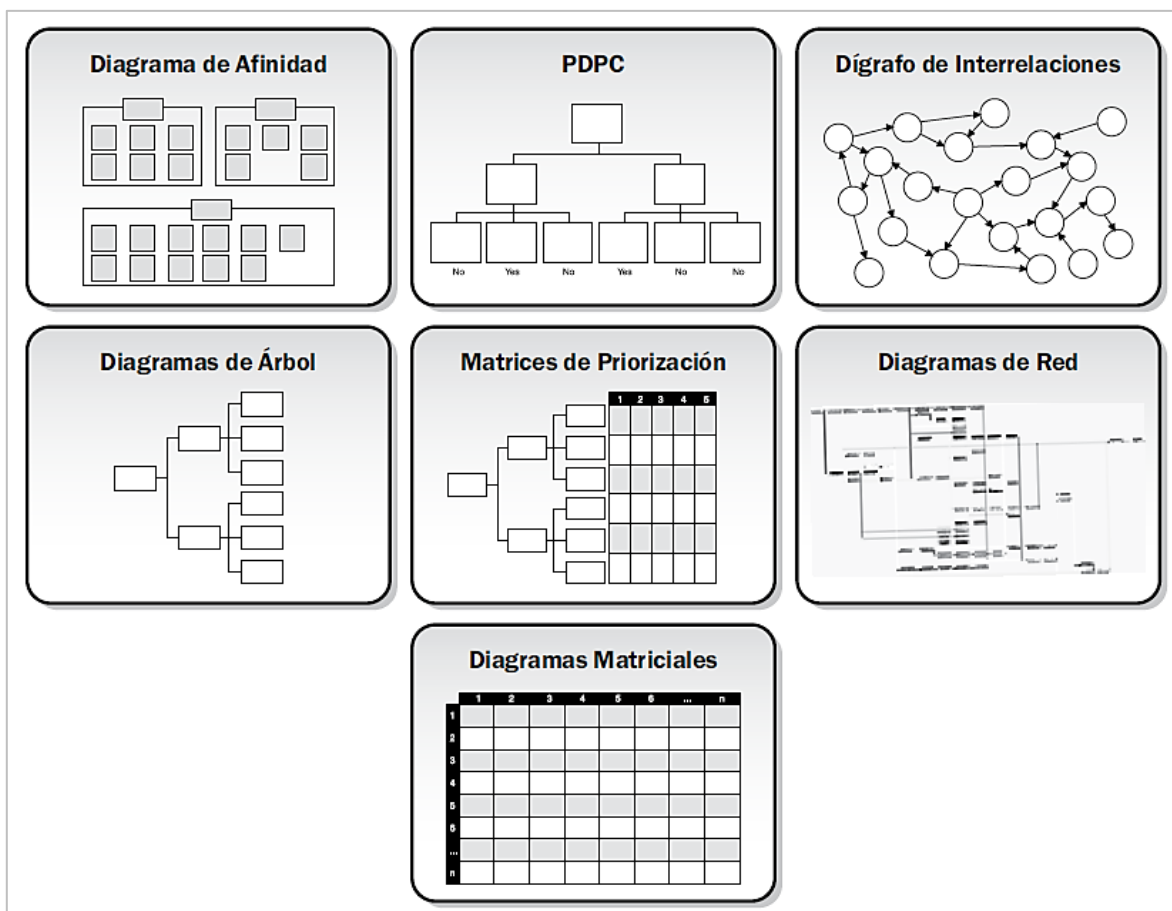


Figura 2-6. Siete herramientas de Gestión y Control de Calidad
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

Como se indicó en la sección 2.1.2. el aseguramiento de Calidad incluye el concepto de Auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad.

Una auditoría de calidad es un proceso estructurado e independiente cuyo objetivo es determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, los procesos y los procedimientos de la organización y del proyecto. Los objetivos de una auditoría de calidad pueden incluir:

- Identificar todas las buenas y mejores prácticas implementadas
- Identificar todas las no conformidades, las brechas y los defectos
- Compartir las buenas prácticas introducidas o implementadas en proyectos similares de la organización y/o del sector
- Ofrecer ayuda de manera proactiva y positiva para mejorar la implementación de procesos que ayuden al equipo a incrementar su productividad
- Resaltar las contribuciones de cada auditoría en el repositorio de lecciones aprendidas de la organización.

El esfuerzo posterior para corregir cualquier deficiencia debería dar como resultado una reducción del costo de la calidad y una mayor aceptación del producto del proyecto por parte del patrocinador o del cliente. Las auditorías de calidad pueden ser programadas o aleatorias, y pueden ser realizadas por auditores internos o externos.

Las auditorías de calidad pueden confirmar la implementación de solicitudes de cambio aprobadas, incluidas acciones correctivas, reparaciones de defectos y acciones preventivas.

2.1.2.3 Controlar la Calidad

Los beneficios clave de este proceso incluyen:

1. Identificar las causas de una calidad deficiente del proceso o del producto y recomendar y/o implementar acciones para eliminarlas.
2. Validar que los entregables y el trabajo del proyecto cumplen con los requisitos especificados por los interesados clave para la aceptación final.

A continuación, en la Figura 2-7 se muestra un diagrama de flujo de realizar el Control de la Calidad.

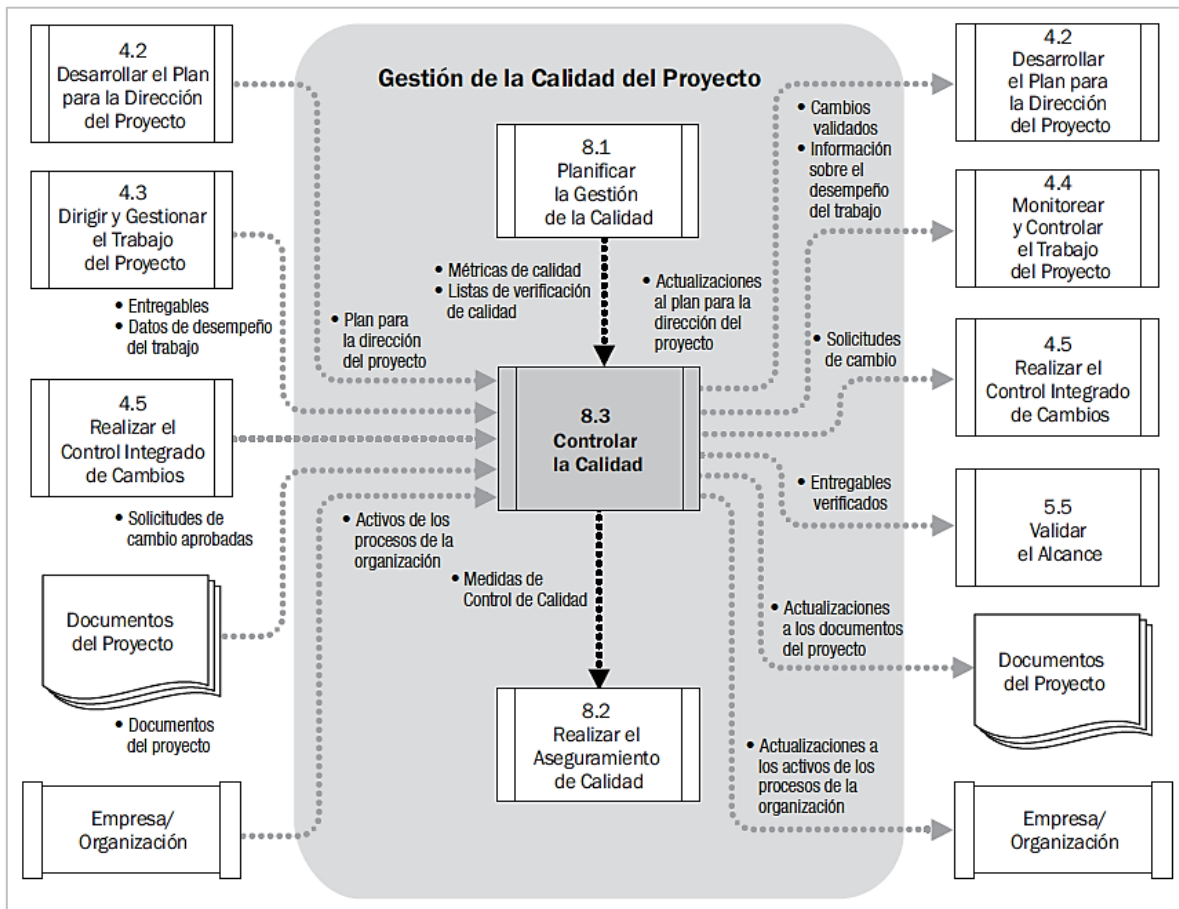


Figura 2-7. Diagrama de flujo de datos de Realizar Control de Calidad
Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)

El proceso Controlar la Calidad utiliza un conjunto de técnicas operativas y de tareas para verificar que las salidas entregadas cumplirán los requisitos. Se debería utilizar el aseguramiento de la calidad durante las fases de planificación y de ejecución del proyecto para proporcionar confianza respecto al cumplimiento de los requisitos de los interesados, y se debería emplear el control de calidad durante las fases de ejecución y de cierre del proyecto para demostrar formalmente, con datos fiables, que se han cumplido los criterios de aceptación del patrocinador y/o del cliente.

El equipo de dirección del proyecto debería tener un conocimiento práctico de los procesos estadísticos de control para evaluar los datos contenidos en las salidas del control de calidad. Entre otros aspectos, puede resultar útil para el equipo conocer la diferencia entre los siguientes pares de términos:

- *Prevención* (evitar que haya errores en el proceso) e *inspección* (evitar que los errores lleguen a manos del cliente).
- *Muestreo por atributos* (el resultado es conforme o no conforme) y *muestro por variables* (el resultado se mide según una escala continua que refleja el grado de conformidad).
- *Tolerancias* (rango establecido para los resultados aceptables) y *límites de control* (que identifican las fronteras de la variación normal para un proceso o rendimiento del proceso estadísticamente estables).

Tres aspectos relevantes en el control de calidad son:

- **Métricas de Calidad.** Una métrica de calidad describe de manera específica un atributo del producto o del proyecto, y la manera en que lo medirá el proceso de control de calidad. Una medida es un valor real. La tolerancia define las variaciones permitidas de las métricas. Si el objetivo de calidad es mantenerse dentro del límite de $\pm 10\%$ del presupuesto aprobado, por ejemplo, la métrica específica puede consistir en medir el costo de cada entregable y determinar el porcentaje de variación con respecto al presupuesto aprobado para ese entregable. Las métricas de calidad se emplean en los procesos de realizar el aseguramiento de calidad y de controlar la calidad. Algunos ejemplos de métricas de calidad serían el índice de puntualidad, el control del costo, la frecuencia de defectos, la tasa de fallas, la disponibilidad, la confiabilidad y la cobertura de las pruebas.
- **Listas de Verificación de Calidad.** Una lista de verificación es una herramienta estructurada, por lo general específica de cada **componente**, que se utiliza para verificar que se hayan llevado a cabo una serie de **pasos necesarios**. Las listas de verificación pueden ser sencillas o complejas, en función de los requisitos y prácticas del proyecto. Muchas organizaciones disponen de **listas de verificación estandarizadas** para asegurar la consistencia en tareas que se realizan con frecuencia. En algunas áreas de aplicación se dispone asimismo de listas de verificación desarrolladas por asociaciones profesionales o por proveedores de servicios comerciales. Las listas de verificación de calidad deberían incorporar los criterios de aceptación incluidos en la línea base del alcance.
- **Inspección.** Una inspección consiste en el examen del producto de un trabajo para determinar si cumple con los estándares documentados. Por lo general, los

resultados de una inspección incluyen medidas y pueden llevarse a cabo en cualquier nivel. Por ejemplo, se pueden inspeccionar los resultados de una sola actividad o el producto final del proyecto. Las inspecciones se pueden denominar también revisiones, revisiones entre pares o colegas, auditorías o ensayos. En algunas áreas de aplicación, estos términos tienen significados concretos y específicos. Las inspecciones también se utilizan para validar las reparaciones de defectos.

2.2 Aspectos Legales, Estado del Arte y Experiencia Internacional.

Durante la ejecución de una obra, el constructor a cargo de ella deberá velar por que en la construcción se adopten medidas de gestión y control de calidad para que ésta se ejecute conforme a las normas técnicas obligatorias, la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza General, así como a la demás normativa aplicable a la materia, y se ajuste a los planos y especificaciones del respectivo proyecto. [4]

Los contenidos de las medidas de gestión y control de calidad deberán ser establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, debiendo en todo caso referirse como mínimo a los siguientes aspectos: medidas técnicas y de seguridad que se deberán adoptar para la correcta ejecución de las obras de construcción, demolición y excavaciones; los ensayos y certificaciones obligatorios que deberán adoptarse durante el transcurso de la ejecución de las obras, así como las autorizaciones especiales que deberán requerirse para ciertas faenas, cuando la normativa lo establezca; medidas que deberán adoptarse para mitigar el ruido y emisiones de polvo; indicación de los lugares aptos para depositar materiales y elementos de trabajo; aseo de la obra y del espacio público; y programa de trabajo horarios de ejecución de las obras. [4]

Dichas medidas de gestión y control de calidad deberán ser establecidas y registradas en un documento que se deberá mantener en el lugar de la obra, durante todo el tiempo de ejecución de ésta, a disposición de los profesionales competentes, del inspector técnico de obra (del cual se explicará en la sección 2.2) y de los inspectores de la Dirección de Obras Municipales. Terminada la obra, el constructor a cargo deberá presentar una declaración jurada afirmando que las medidas de gestión y de control de calidad fueron aplicadas. [4]

En la actualidad las constructoras y/o inmobiliarias llevan a cabo medidas de gestión y control de calidad en sus obras. Pero al mirar el panorama nacional, se puede observar que de un tiempo a esta parte se han dedicado más esfuerzo y recursos al tema de la calidad. Sin ir más lejos, muchas constructoras han instaurado con más fuerza el cargo de Encargado de Calidad en Obra con la existencia de un sólido Departamento de Calidad (a nivel de constructora y no solo de obra) ocupándose de toda la gestión y control. Este Encargado de Calidad viene a ser un control interno en la obra, que se complementa con la labor del Inspector Técnico de Obra.

Cómo se indicó en la sección 1.1, el panorama actual de la manera de controlar la calidad por parte de las distintas constructoras es muy dispar por distintos factores:

- La existencia o no existencia de un encargado de calidad.
- Cantidad de profesionales en obra que contribuyan al control de calidad. Ya que el control no debiese ser solo responsabilidad del encargado de calidad, sino que

también de los demás profesionales en la obra ya sea en oficina técnica, terreno, administrador, etc.

- Características de los instrumentos de control. (protocolos de control, análisis posteriores, etc)
- Modalidad de contrato de especialidades de las distintas partidas por parte de la constructora. Es decir, es muy diferente contratar mediante subcontratos o directamente a los trabajadores.
- Modalidad de remuneraciones a trabajadores. Es decir, se puede optar por remunerar "a trato", lo que significa que se cubicará el avance de los trabajadores y se les remunerará de acuerdo a esa cantidad. Se suele pagar un valor unitario por cada metro cuadrado en el caso de los moldajes, por cada kilogramo en el caso de las armaduras o por cada metro cúbico en el caso del hormigonado. Otra opción es remunerar a los trabajadores por día trabajado. Estas dos modalidades afectan directamente a la calidad de los trabajos, como también al rendimiento en cuanto a avance.

En cuanto a la experiencia internacional en Hispanoamérica, España se posiciona como el referente para Latinoamérica en cuanto a su historia en la gestión de calidad.

En España, los Sistemas de Gestión de Calidad, no se implementan en el ámbito de la Edificación hasta 1970, en concreto, en la construcción de centrales nucleares. Pero no es hasta la década de 1980 cuando comienzan a aparecer textos de autores españoles sobre sistemas de gestión de calidad aplicados al sector de la construcción de edificios.

Para coordinar los temas relacionados con la calidad de la edificación se crea en 1992 la Comisión General para la Vivienda y la Edificación. Esta comisión tiene como asesora a la Comisión Técnica para la Calidad en la Edificación. Esta comisión considera prioritario establecer una política de calidad de forma coordinada entre las distintas administraciones, que implique a todo el proceso de la edificación dentro de un Plan de Calidad de la Vivienda y la Edificación. [5]

El Plan, aprobado en noviembre de 1993, tiene como objetivo mejorar la calidad de las viviendas y de los edificios en general, a través de tres áreas de actuación:

- Regular el proceso de la calidad: mediante la elaboración de normativa técnica.
- Promover la calidad: a través de una política de elaboración de guías técnicas que faciliten la aplicación de la normativa junto con una política de fomento de los distintivos de calidad.
- Verificar la calidad: mediante la aplicación de técnicas de control que abarquen el proyecto, la recepción de materiales, la ejecución de la obra y el uso y mantenimiento del edificio.

Como las competencias en control de calidad de la edificación y vivienda están transferidas a las distintas comunidades autónomas desde 1983, éstas redactaron decretos autonómicos sobre calidad en la construcción. Todos esos decretos enuncian la necesidad de acreditar ante la propiedad y la administración la realización de controles del proceso. [5]

Los sistemas de gestión de calidad para la edificación no aparecen hasta mucho después debido a las características especiales que tiene y que la hacen diferente del resto de

Industrias, lo que dificulta la aplicación de sistemas de gestión de calidad capaces de gestionar y garantizar la calidad de todo el proceso. [6]

Por otra parte, a pesar de las dificultades, en la década de 1990, las grandes empresas constructoras españolas empiezan a implantar sus primeros Planes de Gestión de la Calidad en las obras de edificación, con gran esfuerzo por parte de los Departamentos de Calidad, que generan un volumen importante de documentación para facilitar su implantación en las obras, pero encuentran grandes inercias al cambio por parte de los equipos de obra, como se ha podido comprobar en la experiencia profesional. [5]

Se puede plantear que existen 4 modos de control: la inspección; el control de recepción; el control de producción sin nexo con el control de recepción; y el control de calidad avanzado que considera ambos controles. [6]

2.3 Inspección Técnica de Obras

Con respecto a conceptos de gestión, aseguramiento y control de calidad aplicado a la industria de la construcción surge un referente directo en la materia, como lo es el concepto de Inspección Técnica de Obras, que en adelante se nombrará como ITO.

El precedente más reciente acerca de la ITO es el Manual de Inspección Técnica de Obras del año 2007.

Este manual surge a partir de una impracticabilidad en la inspección de las obras basándose en el criterio tradicional de inspección, que consiste en vigilar cada una de las faenas, supervisando cada uno de los aspectos técnicos y administrativos de una obra, verificando que hayan sido correctamente ejecutados y dando fe, en el terreno mismo, de su aplicación, como “Inspección residente”. Todo esto debido a un aumento considerable en la construcción de viviendas y un alto volumen de obras de urbanización contratadas por los SERVIU. [7]

Esta realidad, en conjunto con la evolución de las técnicas de control, aconseja reemplazar este criterio, incorporando mecanismos para que la supervisión de la ejecución de las obras sea una **labor compartida** con el propio **contratista**. Por una parte, la inspección técnica ejerciendo sus atribuciones como representante del mandante y por otra el contratista o su representante en la obra asumiendo la responsabilidad de la buena ejecución y el cumplimiento de las disposiciones del proyecto, evitando de esta manera traspasar a la Inspección Técnica cualquier desviación o anomalía que se produzca durante la ejecución.

Bajo este criterio la labor de la Inspección consiste básicamente en verificar el funcionamiento de los mecanismos de un sistema planificado y documentado que se impone al Contratista, basado en el Autocontrol de las faenas exigidas para cada partida, tanto desde el punto de vista administrativo como técnico, debiendo la inspección realizar labores selectivas de fiscalización sobre lo que el Autocontrol del Contratista declara como labor realizada. Este Manual entrega la metodología y los instrumentos para la aplicación de este criterio, constituyendo la herramienta fundamental de trabajo planificado para el Contratista.

Además de actualizar las definiciones de algunos aspectos conceptuales y definir la metodología del sistema de inspección, el Manual contiene todas las herramientas generales de planificación necesarios para la administración de un contrato, así como las herramientas para la medición y el control durante la ejecución de cualquier tipo de obra.

2.3.1 Definiciones y términos

El manual de inspección técnica de obras presenta un diccionario de términos habituales y más empleados, y también definiciones de conceptos y expresiones con características específicas de uso.

Se entrega una lista de definiciones entorno al concepto de calidad.

- **Aseguramiento de la calidad:** Todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los requisitos de calidad establecidos.
- **Calidad:** El conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresas o implícitas.
- **Ciclo de la calidad o espiral de la calidad:** Modelo conceptual de las actividades interdependientes que influyen en la calidad de un producto o servicio en las distintas fases que van desde la identificación de las necesidades hasta la evaluación de que estas necesidades hayan sido satisfechas.
- **Confiabilidad:** Aptitud de un elemento para realizar una función requerida en las condiciones establecidas, durante un período establecido, El término confiabilidad se utiliza también como indicador que señala la probabilidad de éxito o un porcentaje de éxito.
- **Control de calidad:** Las técnicas y actividades operacionales destinadas a mantener bajo control un proceso y eliminar las causas que generan comportamientos insatisfactorios en etapas importantes del ciclo de la calidad (espiral de la calidad) para conseguir mejores resultados económicos.
- **Especificación:** Documento que establece los requisitos con los cuales un producto o servicio debe estar conforme. Una especificación debería hacer referencia o incluir dibujos, modelos u otros documentos apropiados y también indicar los medios y los criterios con los cuales se puede verificar la conformidad.
- **Inspección:** Acción de medir, examinar, ensayar, comparar con calibres una o más características de un producto o servicio y comparación con los requisitos especificados para establecer su conformidad.
- **No-Conformidad:** El incumplimiento de los requisitos especificados.
- **Supervisión de calidad:** El control y verificación permanente del estado de los procedimientos, métodos, condiciones, procesos, productos y servicios y análisis de registros por comparación con referencias establecidas para asegurar que se cumplan los requisitos de calidad especificados.

2.3.2 Modalidad de Inspección Técnica de Obras

La función genérica del Inspector Técnico de Obras (ITO) es hacer cumplir cabalmente las condiciones impuestas por un contrato de construcción a un contratista. Para ello debe estar investido de la necesaria autoridad y atribuciones que le permitirá controlar las diferentes actividades durante la ejecución de la obra, con el propósito de verificar que los resultados se ajusten a las condiciones y requisitos definidos en el contrato o por los documentos anexos a este.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones establece que, los constructores serán responsables por las fallas, errores o defectos en la construcción, incluyendo las obras ejecutadas por subcontratistas y el uso de materiales o insumos defectuosos, asimismo el año 1996 fue modificada la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones entregando al Inspector Técnico, profesional competente independiente del constructor, la responsabilidad de fiscalizar que las obras se ejecuten conforme a las normas de construcción aplicables en la materia y el permiso de construcción aprobado. Los Inspectores Técnicos serán subsidiariamente⁶ responsables con el Constructor de la obra.

Es posible reconocer 2 grandes grupos de exigencias sujetas a control durante el desarrollo de los trabajos y que se derivan de:

- **Condiciones Administrativas** relacionadas con los aspectos financieros, plazos y normativas legales, que se producen como consecuencia de la materialización del proyecto y que en definitiva tienen un carácter temporal, puesto que pierden importancia una vez terminado el contrato.
- **Condiciones Técnicas** referidas directamente al proyecto y su ejecución, objeto principal y directo del contrato y cuyos resultados tienen validez permanente durante la vida útil de la obra terminada, cumpliendo completamente respecto a su estabilidad, durabilidad, habitabilidad y belleza.

En relación a las principales motivaciones del presente trabajo, son las **Condiciones Técnicas**, el elemento y objetivo fundamental de la estandarización de los puntos de verificación de las cartillas de control o protocolos de control para el asegurar la calidad de partidas correspondientes de obra gruesa.

La metodología de inspección técnica de obras, incorpora el concepto de **autocontrol** por parte del **contratista**, como procedimiento para el aseguramiento de la calidad de las obras en el origen, donde se producen los procesos y donde se radica la responsabilidad de su ejecución. El sistema de autocontrol le es impuesto como una **actividad contractual** a través del contrato y es **supervisado** por la **ITO** para verificarlo.

- **Para las actividades de Terreno:**
El autocontrol de los diferentes procesos en que es posible dividir las obras de construcción está basado en **“cartillas de control”** que subdividen cada uno de estos procesos en actividades, de modo de cubrir ampliamente el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos, en cada fase de su desarrollo y en forma preventiva.

⁶ Secundariamente.

En este esquema la ITO se responsabiliza de verificar, mediante un muestreo selectivo, la adecuada implementación y funcionamiento del sistema de autocontrol, utilizando a su vez las mismas cartillas que empleó el contratista. Es por consiguiente un **sistema mixto** de **inspección**.

- **Para los materiales (insumos):**

A su vez, la demostración de calidad de los materiales que se utilizan en la obra, es solicitada por el contratista (o ITO en caso de duda) a los proveedores o Laboratorios de Ensayo, para con la certificación correspondiente verificar su aplicabilidad conforme a especificaciones.

2.3.3 Metodología Para el Control Técnico de Obras

La función más importante de la ITO tiene que ver con la fiscalización técnica de la obra. Sus acciones están dirigidas principalmente a hacer cumplir al contratista, en la mejor forma posible y dentro de los plazos, el objeto del contrato.

2.3.3.1 Esquema de Aseguramiento de la Calidad

El plan de Aseguramiento de la Calidad para el cumplimiento de los requisitos de la obra contratada está compuesto por tres procedimientos y sus respectivas herramientas de control técnico, los que se señalan a continuación:

- a) Procedimientos de autocontrol del contratista.
- b) Controles de Laboratorio de Ensayos de Materiales.
- c) Verificación e Inspección selectiva de la ITO.

El sistema de control técnico de estos 3 elementos funciona sobre la base de un conjunto de formularios de planificación y cartillas de control, tipificadas para cada tipo de obra, que obligatoriamente deben ser acordados entre el contratista o su representante y el Inspector encargado de la obra, formando parte del procedimiento de recepción de partidas parciales de obra, de elementos piloto y de la recepción final.

El sistema consiste en la utilización de **Cartillas de Control** para cada una de las actividades en que es conveniente y factible dividir la obra, en función de la importancia relativa de sus resultados en el conjunto. Las cartillas (C.C.) son formularios que contienen una **lista** con diversos **requerimientos** o **aspectos técnicos** que pueden ser **verificados** mediante casilleros en que se anota el **cumplimiento** correspondiente. Adicionalmente dispone de casilleros de uso exclusivo de la ITO para la verificación selectiva en terreno, comprobando que los datos entregados por el contratista se ajustan a la realidad.

2.3.3.2 Criterios para elaboración de las Cartillas de Control

Para la selección de las actividades de ejecución de obras que requieren de cartillas de control y para asegurar un resultado de calidad, se tendrá presente las siguientes consideraciones:

- a) El sistema de cartillas tiene el objetivo principal que los ejecutores de las actividades (empleados del contratista) las utilicen como instrumentos de guía y de chequeo (autocontrol), para cerciorarse de que las partidas están siendo bien ejecutadas y conforme a especificación.
- b) Consecuentemente con lo antedicho, a **mayor cantidad** de actividades sometidas a un proceso de autocontrol, **mejores** serán los **resultados** particulares de cada una de ellas y el producto global, con la condición que el esquema se aplique correcta y seriamente dentro del concepto para el cual se implementa.
- c) El número de cartillas o el volumen de papel no debe estar limitado por la cantidad de verificaciones que representa para la ITO su control: es preferible flexibilizar los criterios de inspección selectiva, en cuanto a disminuir la cantidad de muestras a verificar. Es posible identificar un grupo de actividades que reúnen la condición de ser terminales puesto que no afectan o condicionan a otra partida, permanecen a la vista todas sus características, (sin vicios ocultos), son fáciles de remover y sustituir y no son críticas para la estabilidad del conjunto, por consiguiente, las verificaciones ITO pueden ser postergadas y acumuladas. No obstante, el contratista debe cumplir oportuna y cabalmente con el procedimiento que le corresponde para cada actividad.
- d) No todas las actividades a controlar tienen el mismo peso. En función de la perdurabilidad de la obra en el tiempo y de la seguridad y salubridad para sus usuarios son **más importantes** aquellas que tienen relación con la **estructura soportante** y las **instalaciones sanitarias y eléctricas** que las obras de terminaciones cuyo riesgo asociado en el mencionado sentido es diferente. Sin embargo, se deberá tener presente los elementos en que concurren varios factores, por ejemplo, un muro de albañilería a la vista: debe ser estructuralmente estable, ser aislante e impermeable y ofrecer una adecuada terminación, de producirse deficiencias, estas se traducirían en riesgos de durabilidad del bien, riesgo de accidente y salud de las personas y de estética en el área del impacto visual.
- e) La desagregación de cada actividad al interior de la misma, en sub-actividades y elementos sujetos a control, debe concebirse también en la forma descrita en punto a: más como una herramienta de exploración de todos aquellos factores que tienen incidencia en la correcta ejecución de la partida al momento de su ejecución y autocontrol por parte del contratista, que solamente una herramienta de verificación para la ITO. Las **cartillas** son Especificaciones Técnicas de Procesos, que tanto más **completas** sean, tanto **mejores** serán los **resultados de calidad** de las obras.

- f) Las cartillas de control deben ser concebidas en un contexto dinámico en cuanto a la **flexibilidad** para incorporar, complementar o **modificar su contenido**, conforme a la experiencia y defectos constructivos que puede surgir en forma generalizada o localmente y que por esta vía son posibles de atender y superar.

2.3.4 Cartillas de Control

El Manual ITO propone cartillas de control a modo de ejemplo de partidas de Moldaje y Hormigonado de Losas y Cadenas-Vigas mostradas en la Figuras 2-8, 2-9, 2-10 y 2-11.

SERVIU - REGION. (.....)		CARTILLA DE CONTROL		VIVIENDA EQUIPAMIENTO		HOJA N°		CC 3. 14	
OBRA : COMUNA : CONTRATISTA : INSPECTOR DE LA OBRA :				ACTIVIDAD: MOLDAJE LOSA 2° PISO (CIELO) RESPONSABLE:				FECHA: FIRMA:	

N°	ELEMENTOS DE VERIFICACION	VIVIENDA N°																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
A	VERIFICAR NIVEL HORIZONTAL MOLDAJE																								
B	VERIFICAR DINTELES																								
C	VERIFICAR ALZAPRIMAS (SEGURAS, FIRMES)																								
D	VERIFICAR ARMADURA, CANTIDAD Y UBICACION																								
E	VERIFICAR AMARRAS, CALUGAS, CALAFATEO																								
F	VERIFICAR NIVEL ALTURA LOSA _____ cm																								
G	VERIFICAR CONTRA FLECHA _____ cm																								
H	VERIFICAR USO DESMOLDANTE																								
I	VERIFICAR ESTANQUIDAD MOLDAJE																								
J	VERIFICAR COLOCACION TUBERIA ELECTRICA Y CENTROS																								
K	VERIFICAR CON LIENZA NIVEL Fe Y TUBERIA																								
L	VERIFICAR LOSA ACCESO GEOMETRIA ANCLAJE ESCALERA																								

ENCARGADO DE OBRAS _____ V°B° ITO	OBSERVACIONES:
-----------------------------------	----------------

Figura 2-8. Cartilla de Control de Moldaje de Losa Cielo 2° Piso
 Fuente: Manual de Inspección Técnica de Obras 2007

SERVIU – REGION (.....)		CARTILLA DE CONTROL		VIVIENDA EQUIPAMIENTO		HOJA N°		CC 3. 19																
OBRA :				ACTIVIDAD: MOLDAJE CADENAS Y VIGAS 3er PISO RESPONSABLE:				FECHA: FIRMA:																
COMUNA :																								
CONTRATISTA :																								
INSPECTOR DE LA OBRA :																								
N°	ELEMENTOS DE VERIFICACION	VIVIENDA N°																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	VERIFICAR LIMPIEZA ARMADURA																							
B	VERIFICAR PLOMOS, DIMENSIONES, CUADRATURA																							
C	VERIFICAR AMARRAS, SEPARADORES, CALUGAS																							
D	VERIFICAR ARMADURA CANTIDAD. DIMENSIONES																							
E	VERIFICAR ALTURAS DE LLENADO																							
F	VERIFICAR ATRAQUES, ESTANQUIDAD EN ALBANILERIA																							
G	VERIFICAR DISPONIBILIDAD VIBRADOR																							
H	VERIFICAR COLOCACION ANCLAJES ESTRIBOS CUBIERTA																							
I	VERIFICAR ANCLAJES, DIMENSION, CANTIDAD																							
J	VERIFICAR PASADAS, ELECTRICIDAD AGUA, ETC.																							
K	VERIFICAR ALTURA DINTELES VENTANAS Y PUERTAS																							
ENCARGADO DE OBRAS		V°B° ITO																						
		OBSERVACIONES:																						

Figura 2-9. Cartilla de Control de Moldaje de Cadenas y Vigas 3° Piso.
 Fuente: Manual de Inspección Técnica de Obras 2007

SERVIU – REGION (.....)		CARTILLA DE CONTROL		VIVIENDA EQUIPAMIENTO		HOJA N°		CC 3. 15																
OBRA :				ACTIVIDAD: HORMIGON LOSA 2° PISO RESPONSABLE:				FECHA: FIRMA:																
COMUNA :																								
CONTRATISTA :																								
INSPECTOR DE LA OBRA :																								
N°	ELEMENTOS DE VERIFICACION	VIVIENDA N°																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	VERIFICAR GEOMETRIA LOSA, NIVELES																							
B	VERIFICAR TERMINACION INFERIOR																							
C	VERIFICAR TERMINACION SUPERIOR (PISO)																							
D	VERIFICAR ARMADURA PILARES 2° PISO																							
E	VERIFICAR TUBERIA Y CAJAS ELECTRICAS																							
F	VERIFICAR POSICIONES ARMADURA 2 P																							
G	VERIFICAR TERMINACION CADENAS Y VIGAS																							
H	VERIFICAR CUADRATURA RESPECTO A MUROS 2° PISO																							
I	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO VIBRADOR																							
J	VERIFICAR LOSA ACCESO, GEOMETRIA																							
K	VERIFICAR LOSA ACCESO ALTURA																							
L	VERIFICAR LOSA ACCESO ANCLAJE ESCALERA																							
ENCARGADO DE OBRAS		V°B° ITO																						
		OBSERVACIONES:																						

Figura 2-10. Cartilla de Control de Hormigón de Losa 2° Piso.
 Fuente: Manual de Inspección Técnica de Obras 2007

SERVIU – REGION (.....)		CARTILLA DE CONTROL		VIVIENDA EQUIPAMIENTO										HOJA Nº					CC 3. 20				
OBRA : COMUNA : CONTRATISTA : INSPECTOR DE LA OBRA :		ACTIVIDAD: HORMIGON CADENA Y VIGAS 3er PISO RESPONSABLE:										FECHA: FIRMA:											

Nº	ELEMENTOS DE VERIFICACION	VIVIENDA Nº																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	LIMPIEZA, MOJADO SUPERFICIE DESMOLDANTE																							
B	VERIFICAR ALTURA TERMINACION																							
C	VERIFICAR ALTURA DIENTES VENTANAS Y PUERTAS																							
D	VERIFICAR DOSIFICACION HORMIGON																							
E	VERIFICAR ALINEAMIENTO CON ALBANILERIAS																							
F	VERIFICAR TERMINACION SUPERFICIES																							
G	VERIFICAR CURADO HORMIGONES																							
H																								
I																								
J																								
K																								
L																								

ENCARGADO DE OBRAS VºBº ITO	OBSERVACIONES:
----------------------------------	----------------

Figura 2-11. Cartilla de Control de Hormigón de Cadenas y Vigas 3º Piso.
 Fuente: Manual de Inspección Técnica de Obras 2007

2.4 Partidas de Obra Gruesa en Estudio

Las partidas de obra gruesa en estudio corresponden a Moldaje, Armadura y Hormigonado para elementos horizontales como Losas, Vigas y Capiteles. En esta sección se presentan información y antecedentes sobre las partidas en estudio, en cuanto a sus características, etapas, procedimientos, normativa, etc.

2.4.1 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. [8]

Cabe señalar que no existen Normas Chilenas de Moldajes, por lo tanto, en la actualidad, se trabaja con las especificaciones, proyectos y diseño de proveedores, basados en las normas de los países de origen de los equipos y productos. Tampoco la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones reglamenta los Moldajes. [8]

Como información guía se recurre al Manual de Moldajes de la Cámara Chilena de la Construcción del año 2014, el cual recoge los antecedentes normativos, descripción de los equipos y recomendaciones de seguridad y mantención.

Éste Manual presenta información acerca de los siguientes temas:

- Sistemas de moldaje
- Tipos de moldajes
- Partes de un moldaje
- Moldajes según forma de trabajo
- Desmoldante
- Riesgos de accidentes y sus causas probables
- Recomendaciones de seguridad en el uso de moldaje

Para efectos de este trabajo, se expondrá la información referente a los tipos y partes de moldajes.

2.4.1.1 Tipos de Moldaje

Los tipos de moldaje según su uso son:

- Moldaje de muros
- Moldaje de pilares
- Moldaje de vigas
- Moldaje de losas
- Moldaje de formas

Los tipos de moldaje según su material de fabricación son:

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

Los tipos de moldaje según su forma de trabajo son:

- Moldaje manuable
- Moldaje manejable sólo con grúas
- Moldaje autotrepante
- Moldaje deslizante
- Moldaje colaborante

2.4.1.2 Partes de un Moldaje

2.4.1.2.1 Moldaje de Vigas

En la Figura 2-12 se ilustran los elementos de un moldaje de vigas.

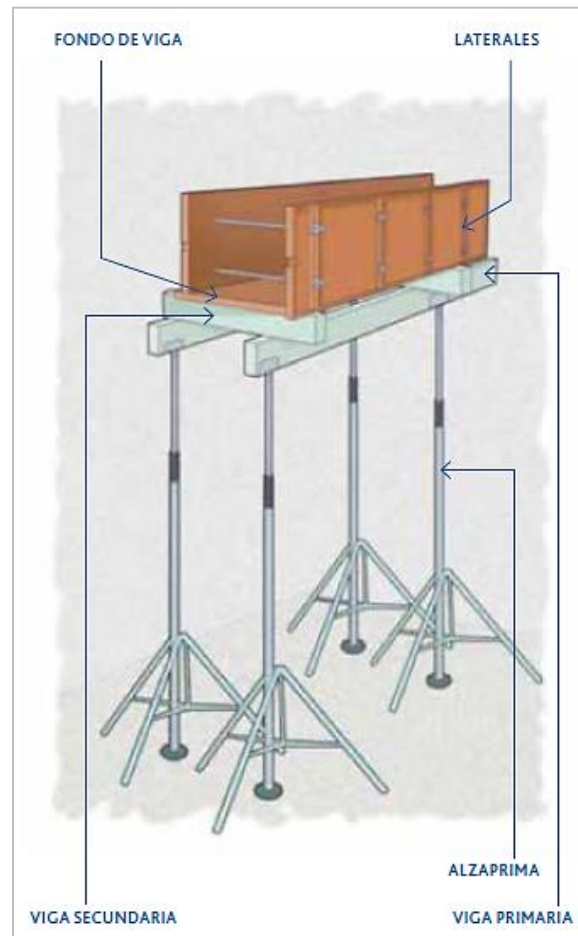


Figura 2-12. Partes de un Moldaje de Vigas
 Fuente: Manual de Moldajes CChC 2014

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.

2.4.1.2.2 Moldaje de Losas

Este moldaje de losas está formado por vigas metálicas o de madera (según el proveedor) y alzaprimas metálicas. Las partes del moldaje de losas se muestran en la Figura 2-13 y 2-14.



Figura 2-13. Partes de un Moldaje de Losas
Fuente: Manual de Moldajes CChC 2014

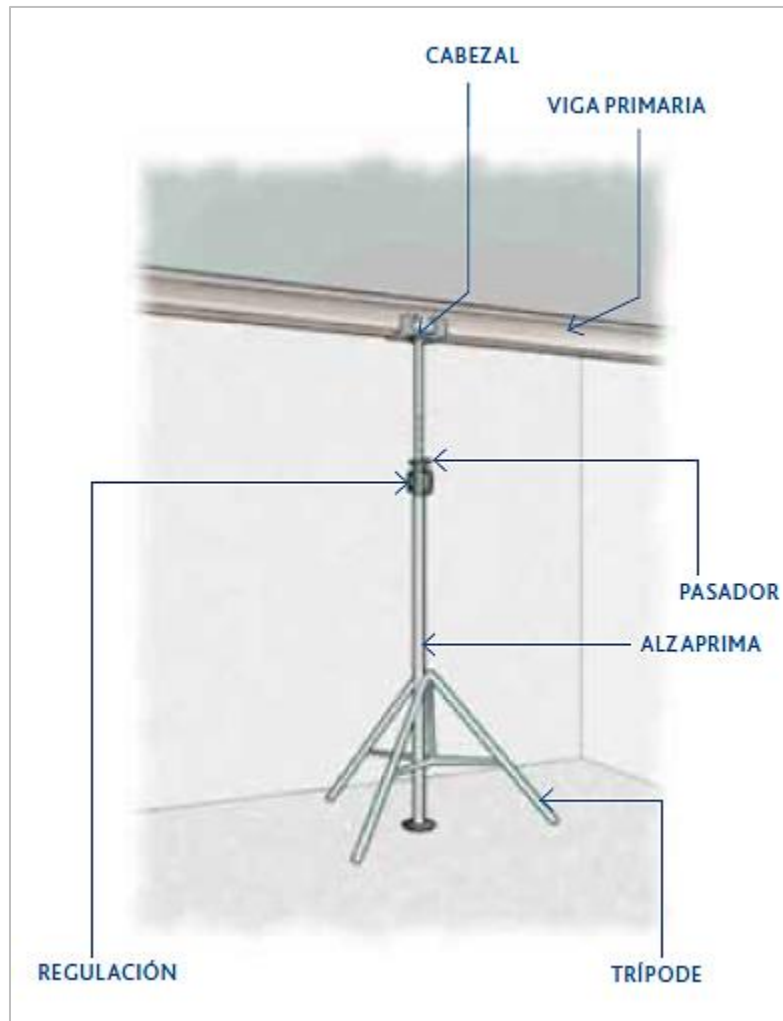


Figura 2-14. Partes de un Moldaje de Losas (Alzaprima)
 Fuente: Manual de Moldajes CChC 2014

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 cm. de ancho e indicar claramente la carga de trabajo.

2.4.1.3 Secuencia de Armado de Moldaje

Como consideración importante para la elaboración de los protocolos de control, se debe tener presente la secuencia constructiva del montaje de un moldaje para un elemento horizontal de obra gruesa.

2.4.1.3.1 Moldaje de Losas

A continuación, en las Figuras 2-15, 2-16, 2-17 y 2-18 se presentan los pasos de colocación de un moldaje de losas. [9]

Primero se instalan las alzaprimas con sus trípodes correspondientes.

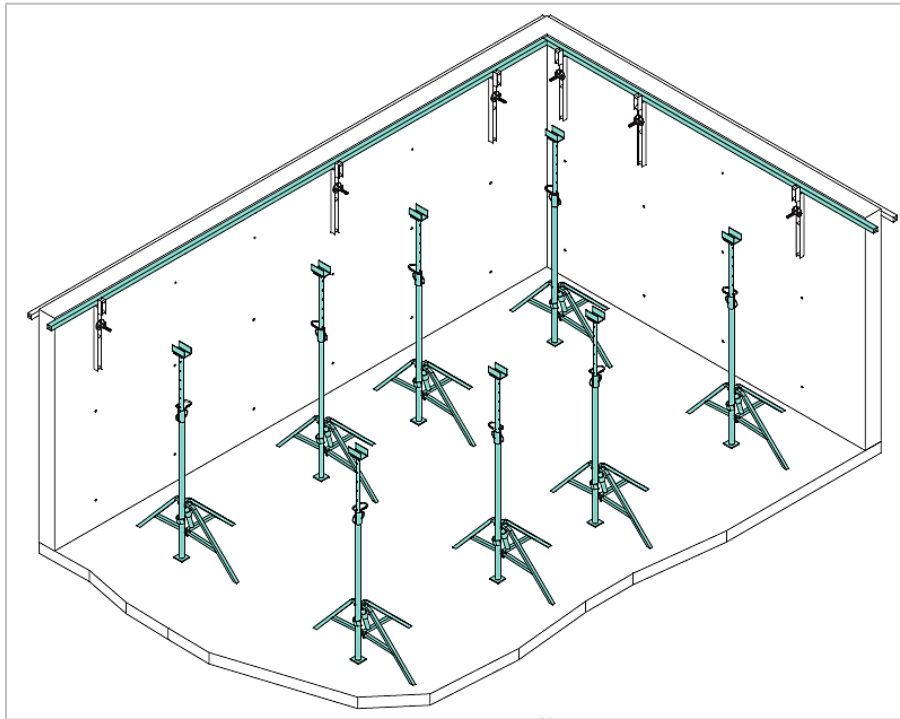


Figura 2-15. Colocación de alzaprimas y trípodes para Moldaje Losa
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Luego se instalan los cabezales y colocan las vigas primarias sobre las alzaprimas.

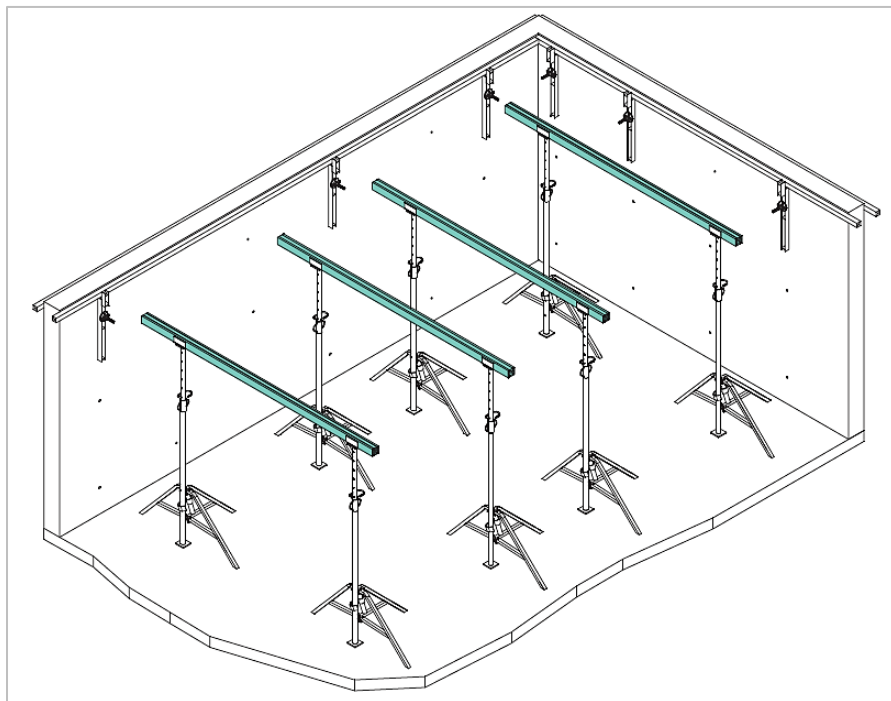


Figura 2-16. Colocación de vigas primarias para Moldaje Losa
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Posteriormente se colocan las vigas secundarias, encima de las vigas primarias.

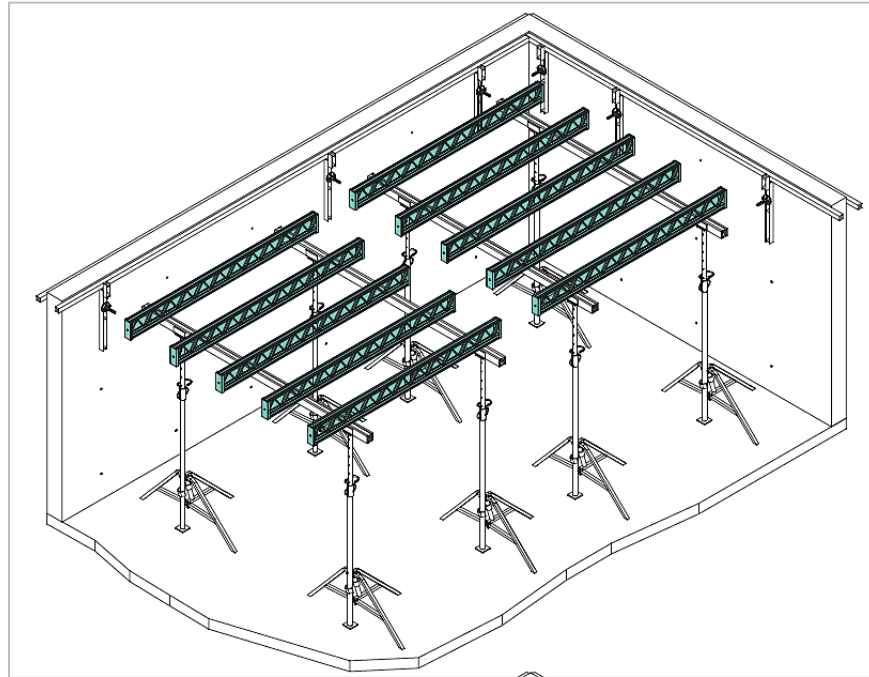


Figura 2-17. Colocación de vigas secundarias para Moldaje Losa
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Finalmente se instala la placa sobre las vigas secundarias. Ésta debe ser clavada sobre las vigas secundarias.

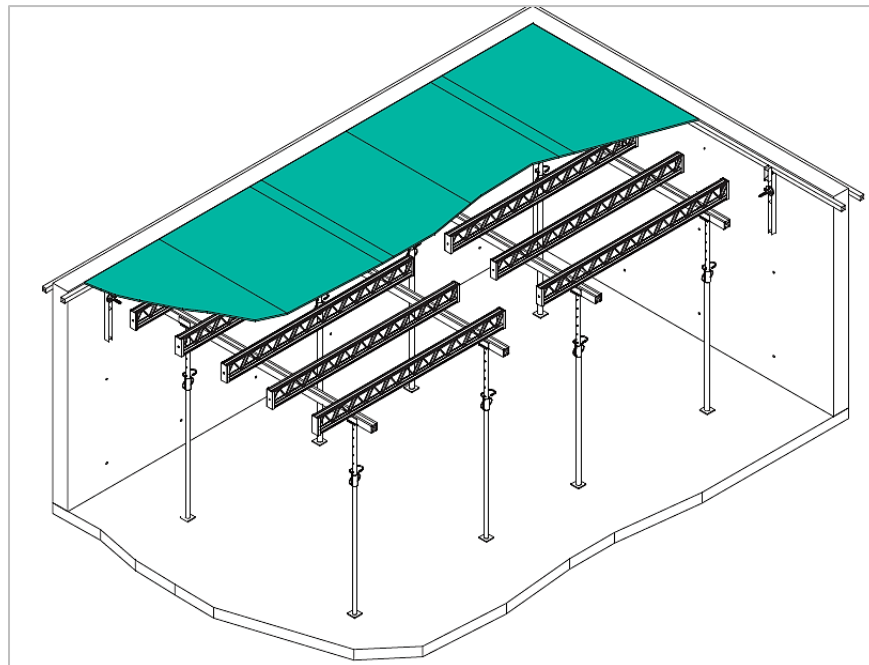


Figura 2-18. Colocación de Placa para Moldaje Losa
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

2.4.1.3.2 Moldaje de Vigas

En las Figuras 2-19, 2-20, 2-21, 2-22 y 2-23 se muestran los pasos de colocación de un moldaje de vigas. Primero se instalan las alzaprimas con sus respectivos trípodes.

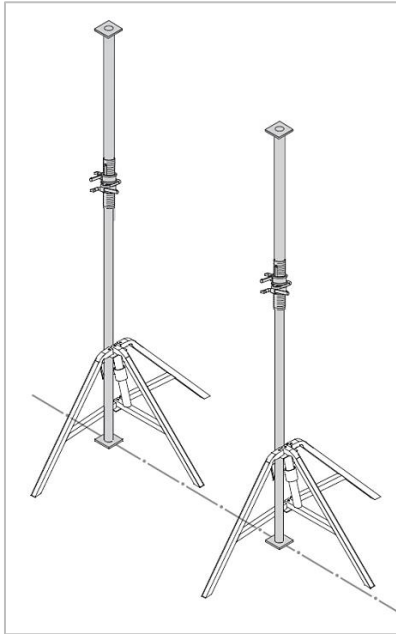


Figura 2-19. Colocación de alzaprimas y trípodes para Moldaje Viga
 Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Luego instalan los cabezales sobre las alzaprimas

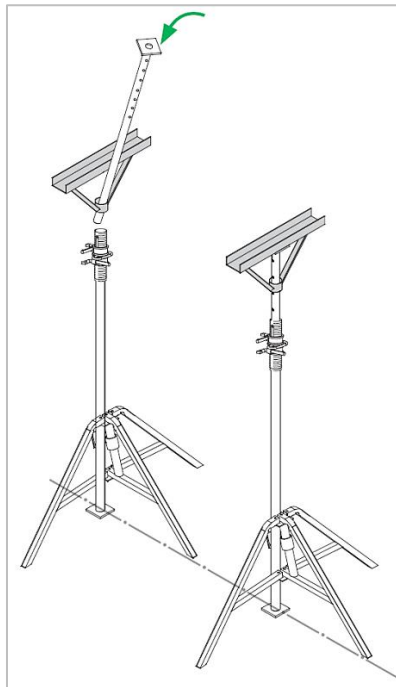


Figura 2-20. Colocación de Cabezales de alzaprimas para Moldaje Viga

Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Después se instalan las vigas primarias en los cabezales sobre las alzaprimas.



Figura 2-21. Colocación de vigas primarias para Moldaje Viga
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Posteriormente se coloca el fondo de viga sobre las vigas secundarias.

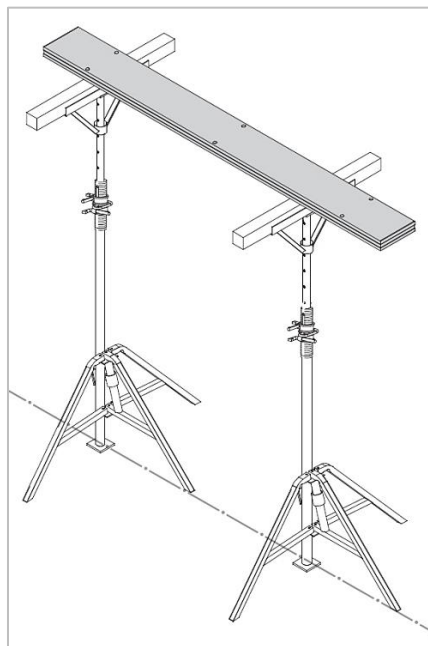


Figura 2-22. Colocación de fondo de viga para Moldaje Viga
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

Finalmente se instalan los laterales de viga.

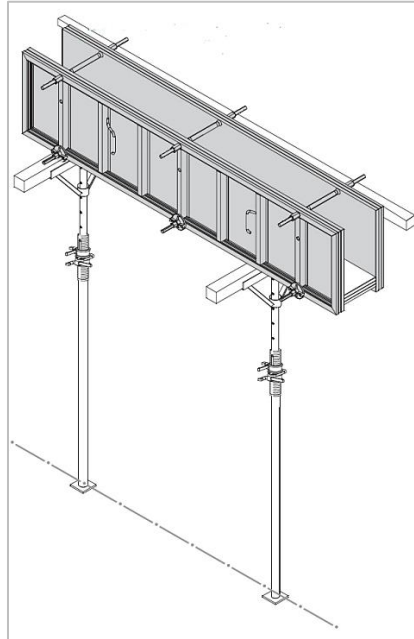


Figura 2-23. Colocación de laterales para Moldaje Viga
Fuente: Catálogo Moldajes DOM

2.4.2 Armadura

Se define como hormigón armado, al material resultante de la unión del hormigón o concreto y las armaduras o barras de acero de refuerzo, combinados de tal forma que constituyan un elemento sólido, monolítico y único desde el punto de vista de sus características físicas.

El hormigón por sí solo, asegura una gran resistencia a las solicitaciones de compresión, pero muy escasa o frágil a los esfuerzos de flexión y tracción, por lo que no es conveniente su uso para estructuras sometidas a estas exigencias. Sin embargo, si son debidamente instaladas barras de acero de refuerzo en las zonas apropiadas, se habrá cumplido con tal requerimiento, obteniéndose un elemento capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas.

En consecuencia, podemos decir que, en general, las compresiones son resistidas por el hormigón, y las tracciones por flexión, corte, torsión o normales, por el acero. En la Figura 2-24 se esquematiza la función del acero en el hormigón armado

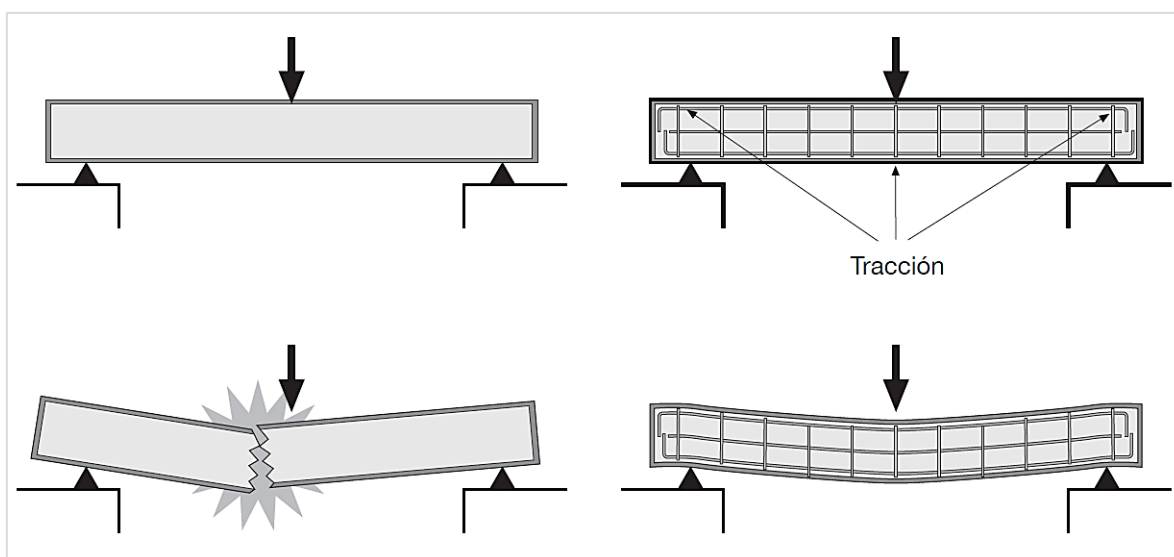


Figura 2-24. Ejemplo de elementos cargados, con y sin armaduras.

Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

A continuación, en la Figura 2-25 se esquematizan algunos elementos principales de armaduras de hormigón armado.

Amarras:

Las amarras se utilizan para fijar barras entre sí durante el proceso de construcción (armado de los refuerzos y hormigonado de los elementos). Generalmente son de alambre recocido del N° 16 o 18.

Armadura principal:

Armadura que va más cerca de la cara exterior de muros y losas. Es aquella armadura requerida para la absorción de los esfuerzos externos inducidos en los elementos de hormigón armado.

Empalme:

Mecanismo que permite la transmisión de esfuerzos entre dos barras orientadas en una misma dirección. Los empalmes pueden ser por simple traslape, mecánicos y soldados.

Estribos:

El término estribo se aplica, normalmente, a la armadura transversal de elementos sujetos a flexión y el término amarra a los que están en elementos sujetos a compresión. Son barras dobladas formando un polígono (en general rectángulo o rombo) que se utilizan para resistir los esfuerzos de corte de vigas y machones, para armar y confinar vigas y machones y para acortar la luz de pandeo de barras (de columnas, vigas y muros) sometidas a compresión. Están situados perpendicularmente o en ángulo, con respecto a la armadura longitudinal.

Gancho normal:

Doble en el extremo de las barras (de geometría bien definida por la norma) que permite reducir la distancia necesaria para transmitir el esfuerzo de diseño de la barra (f_y) al hormigón.

Gancho Sísmico:

Gancho de un estribo, cerco o traba, con un doblez no menor a 135° , excepto que los cercos circulares deben tener un doblez no menor a 90° , con una extensión de 6 veces el diámetro (pero no menor a 75 mm) que enlace la armadura longitudinal y se proyecte hacia el interior del estribo o cerco.

Trabas:

Elementos que sirven para cerrar estribos abiertos, confinar mallas de refuerzo de muros y evitar el pandeo de barras comprimidas de columnas y muros.

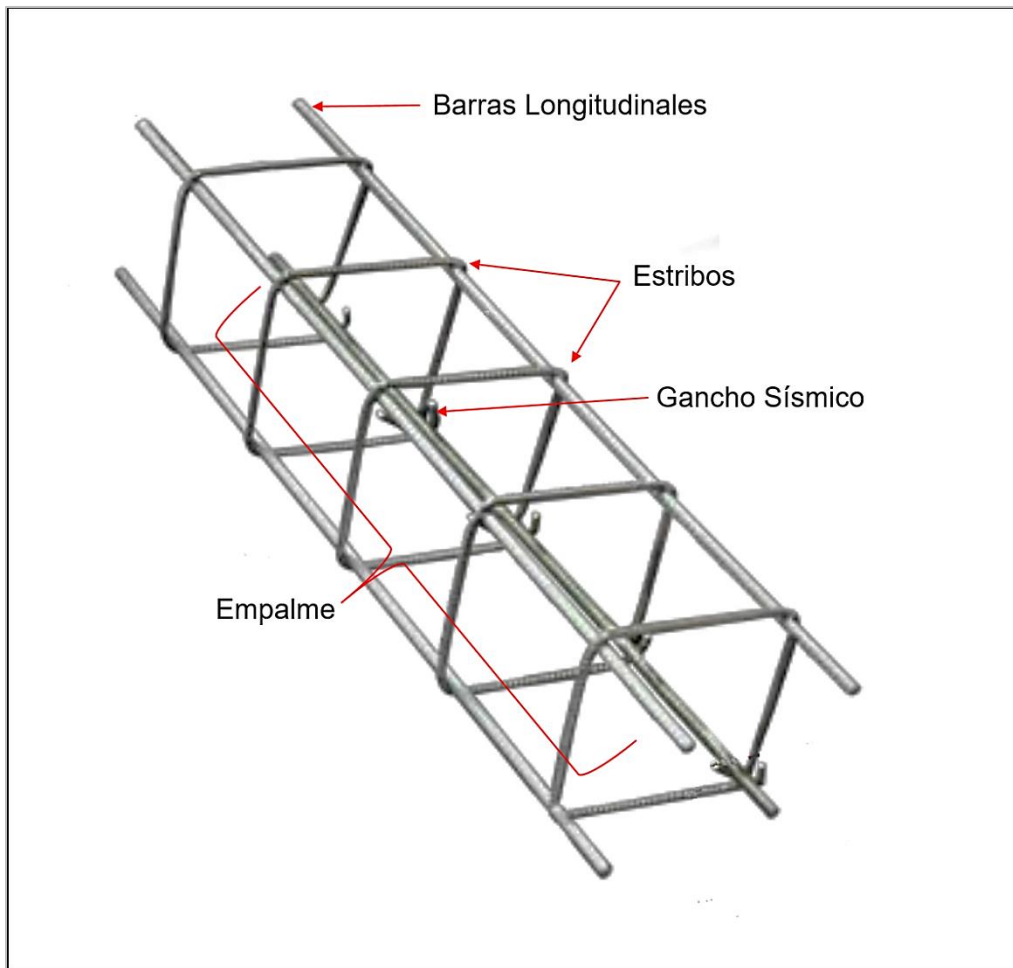


Figura 2-25. Elementos principales de una armadura de una Viga o Columna
Fuente: Elaboración propia.

2.4.2.1 Fabricación de las Armaduras

Se define como fabricación de las armaduras, a la actividad que agrupa la preparación del material, el corte y el doblado de las barras. Es importante que la faena de fabricación sea programada y coordinada, en forma continua, de manera tal que las diferentes piezas estén disponibles cuando sean requeridas para su armado e instalación, y así no atrasar la colocación del encofrado y el vaciado del hormigón.

La fabricación de las armaduras puede ser realizada mediante el método denominado tradicional en terreno, con mano de obra directa de la empresa constructora o subcontratada, o a través de alguna de las empresas industriales especializadas en el corte y doblado, empresas que generalmente incluyen el suministro del acero y la instalación de las armaduras como parte de su servicio.

2.4.2.1.1 Equipos, herramientas y maquinaria

Los equipos, herramientas y maquinarias recomendadas y necesarias para la fabricación de las armaduras, tanto para el método tradicional como para el industrializado, son habitualmente las individualizadas en la Figura 2-26.

Método tradicional en obra	Sistema industrializado en planta de C&D
• Guillotina o cizalla manual o automática. • Napoleones de 30" y cortafíos. • Combos y martillos de peña de 6 y 10 libras. • Metro enferrador y huinchas metálicas de 3 y 7 m de largo. • Huinchas de lona de 20 m de largo. • Panes de tiza de diferentes colores para marcar los cortes. • Gualpe y paños de limpieza para el acero. • Grifas y trozos de tubos de acero de diámetro interior de 1/2" a 1" para el doblado manual de las barras. • Bancos de corte con reglas incorporadas y graduadas de 1 en 1 centímetros. • Bulones de acero de diferentes diámetros o polines para el doblado de las barras. • Dobladora motorizada transportable. • Gage para verificar los diámetros de doblado. • Tirfor manual para enderezado del acero. • Huinche eléctrico para enderezado del acero. • Overol de mezclilla y guantes de cuero de descarné o ropa de trabajo adecuada. • Zapatos de seguridad con punta de acero. • Casco de seguridad. • Protectores faciales, para los ojos y oídos.	• Puente grúa y montacargas. • Hardware, software y transmisión de datos. • Máquina y carro automático de medición y corte. • Máquina automática para el enderezado y corte del acero suministrado en rollos. • Estribadora automática direccional para la fabricación de estribos, que puede incluir un ordenador electrónico. • Devanadores o bobinas porta rollos. • Robot receptor de estribos con brazos rotatorios. • Vías de rodillos motorizadas de alimentación. • Centro de doblado de barras, automático y computarizado. • Recogedor de barras rectas, conectable a la cortadora automática o máquina de enderezado. • Rack de recepción para las piezas terminadas. • Centro de embalaje y emisión de tarjetas de identificación del producto terminado. • Ropa de trabajo adecuada y casco de seguridad • Zapatos de seguridad con punta de acero. • Protectores faciales, para los ojos y oídos.

Figura 2-26. Equipos, herramientas y maquinarias para la fabricación de armaduras
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

2.4.2.1.2 Preparación

La preparación del material se compone básicamente del enderezado y la limpieza del acero.

Se entiende por enderezado, la actividad que significa desenrollar el acero suministrado en rollos para obtener barras rectas, mediante algún sistema manual tradicional o mecánico.

La limpieza consiste en retirar aceites, grasas, barro, costras, escamas y herrumbre suelta adherida al acero. La experiencia ha demostrado que delgadas, pero firmes y

superficiales películas de oxidación o escamas producto de la laminación, color gris acero o gris oscuro, no son dañinas para las barras de acero, más bien serían beneficiosas, ya que aumentarían la adherencia con el hormigón. A esta misma conclusión ha llegado el Instituto Chileno del Acero (ICHA), luego del análisis de diversas investigaciones realizadas en Chile por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, y en el extranjero por el ACI, American Concrete Institute. [10]

2.4.2.1.3 Corte de barras

Conforme a lo establecido por el "ACI Detailing Manual" del Comité ACI 315, los cortes de las barras deben efectuarse en frío, siempre con las barras en ángulo recto con respecto al eje longitudinal de las barras, con las perfectamente enderezadas y, de acuerdo a los largos indicados en los planos.

En el método tradicional, las barras de diámetros 6 a 10 milímetros se cortan, generalmente, con napoleones y las de mayores dimensiones, mediante cortafríos, cizallas o guillotinas. No es recomendable el uso de equipos oxicorte por el efecto térmico, ni el uso de esmeriles angulares (galleteras), por el costo que significan los discos y lo lento del proceso. [10]

2.4.2.1.4 Doblado de barras

De acuerdo a lo establecido en las normas vigentes, toda armadura debe doblarse en frío, a menos que el ingeniero estructural permita otra cosa, y ninguna armadura debe doblarse si está parcialmente embebida en el hormigón, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo permita el calculista.

No obstante, las condiciones de la obra pueden hacer necesario doblar barras que se encuentran embebidas en el hormigón, en cuyo caso el ingeniero deberá determinar si las barras se pueden doblar en frío o si es necesario calentarlas. Los dobleces deben ser graduales y deben enderezarse a medida que se requiera. [10]

2.4.2.1.5 Diámetros mínimos de doblado

Según el Código ACI 318, los diámetros de doblado para las barras con ganchos normales, estribos normales, ganchos de amarras y amarras cerradas o cercos, no deben ser menores que los valores indicados en la Figura 2-27, de otro modo las barras se someterán a esfuerzos excesivos que pueden llegar a ocasionar quiebres, grietas o fisuras e inutilizarlas, debido a las tensiones a que es sometido el acero. Todos los dobleces normales de las barras, se describen en términos del diámetro interior de doblado, ya que éste resulta más fácil de medir que el radio de dicho doblez.

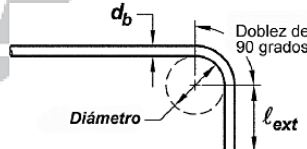
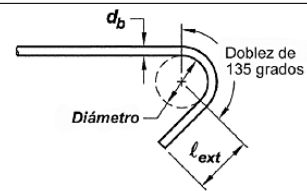
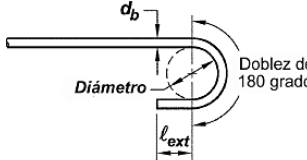
Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta ℓ_{ext} , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
Gancho de 135 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		

Figura 2-27. Medidas mínimas para barras con ganchos
Fuente: Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14).

2.4.2.2 Armado e instalación

La ejecución de armado e instalación de las armaduras, es de suma importancia por lo tanto se deben respetar y cumplir con rigurosidad los conceptos correspondientes y las medidas establecidas, a no ser que los planos indiquen otra cosa.

Dada la complejidad e importancia de esta actividad, es recomendable que el armado e instalación de las armaduras, o el montaje de elementos prefabricados como mallas de acero, sea realizado exclusivamente por maestros de primera o de segunda de la especialidad, dirigidos por sus capataces y el jefe de obra, según la complicación o exigencias que la obra imponga, ya que su conocimiento y experiencia en el oficio los califica para interpretar fielmente las especificaciones, simbología e indicaciones de los planos del proyecto de estructuras. [10]

Las armaduras deberán instalarse lo bastante firmes, niveladas, aplomadas, amarradas y con el declive correcto para el caso de elementos con pendiente, para que se mantengan en su sitio durante el vaciado y vibrado del hormigón, que se encuentra en su estado plástico y por lo tanto ejerce fuerzas verticales y horizontales propias del concreto fresco, y conserven los espesores de recubrimientos especificados. Para este fin, se instalan separadores de plástico u otro material, conocidas como calugas, espaciados convenientemente entre sí y de los moldajes, y de una dimensión según el espesor del recubrimiento.

Si existieran dudas de interpretación o falta de antecedentes en los planos, como por ejemplo, determinar qué barras pasan por arriba o por abajo, poca claridad en los nudos de barras, interferencias por paso de ductos o cañerías, falta de detalles constructivos para las longitudes de anclaje o de los empalmes por traslape, los operarios deberán

consultar y seguir las instrucciones expresas del profesional o jefe de obra. Como regla general, a falta de antecedentes claros los trabajadores deben evitar cortar o doblar barras o tomar cualquier decisión propia, sin previa autorización de su superior responsable

2.4.2.2.1 Herramientas y equipos

Las herramientas y equipos necesarios y recomendados para el personal que arma, instala y efectúa las amarras y los implementos de seguridad de uso obligatorio, son los que se indican a continuación [10]:

- Tirfor o tecle manual
- Alicates Crecent o Klein Nº10 (10") y destornilladores
- Tenazas y cortantes para alambre (10")
- Torcedores para amarras de alambre prefabricadas (Twister)
- Barras de acero para usar como palanas
- Llaves con torque y llaves punta-corona para el caso de conexiones mecánicas
- Huincha de medir metálica de 7 metros y de lona de 20 metros de largo.
- Plomada, lienzas y nivel
- Panes de tiza de diferentes colores
- Overol de mezclilla y guantes de cuero de descarte o ropa de trabajo adecuada
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Protectores faciales para los ojos
- Casco de seguridad
- Arnés con cola de vida para trabajos en altura.

2.4.2.2.2 Fijación para las armaduras: Amarras

Para fijar las barras entre sí, los empalmes traslapados y los estribos a las barras, generalmente en las obras de nuestro país, se utiliza alambre negro recocido diámetros entre 1,6 y 2,1mm, dependiendo su uso del diámetro o masa lineal de las barras. Este alambre se suministra en rollos de 25 a 30 kg de peso y su necesidad estimada es 20 kilogramos de alambre promedio, por tonelada métrica de armadura, incluidas las pérdidas.

Existen 6 tipos básicos de amarras con alambre, tal como se muestran, en la Figura 2-28:

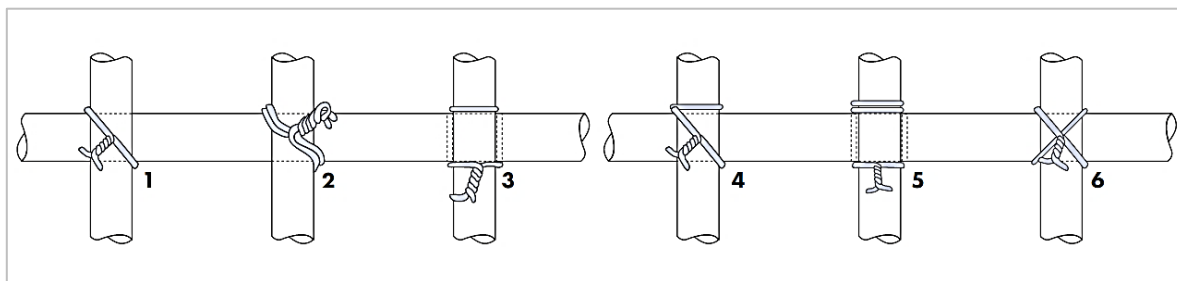


Figura 2-28. Tipos de amarras con alambre
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

A continuación, se detalla cada una de ellas [10]:

1. **Amarra rápida:** Consiste en hacer pasar el alambre en diagonal alrededor de las dos barras, con las dos puntas hacia arriba, para posteriormente, retorcerlas con el alicate hasta que queden apretadas, cortando las puntas sobrantes o doblándolas hacia adentro. Este tipo de amarra es la más usual en losas y parrillas de fundación.
2. **Amarra simple con doble alambre:** Es una versión igual a la anterior, pero, en este caso, el alambre es puesto doble con el objeto de soportar barras más pesadas.
3. **Amarra envolvente:** Es una clase de amarra muy efectiva, pero relativamente complicada, aunque no ejerce el mismo efecto de torsión en las barras cruzadas; a veces, es usada en vigas con puentes. En este tipo de amarra, el alambre se pasa alrededor de la mitad de una de las barras, haciendo una envoltura de media vuelta por cualquier lado para luego llevar ambos extremos por sobre la otra barra, sacándolos hacia adelante y abrazando la primera barra, donde las puntas son retorcidas y cortados los excedentes.
4. **Amarra para muros:** Es una amarra en la cual se pasa el alambre alrededor de la barra vertical de la malla, dándole una y media vuelta, pasándolo diagonalmente alrededor de la intersección y retorciendo ambos extremos juntos, hasta que la unión quede firme y cortando los extremos excedentes.
5. **Amarra retorcida:** Es una variedad de la amarra envolvente, pero más firme y es usada, habitualmente, en parrillas o enrejados pesados que tienen que ser levantadas con grúa o pluma. En este caso, al alambre se le hace dar una vuelta completa alrededor de una de las barras, procediendo en seguida, tal como para la amarra envolvente y pasando sobre la otra barra, ya sea en forma paralela o en diagonal y retorciendo ambos extremos sobre la primera barra.
6. **Amarra cruzada:** Esta amarra, con forma de 8, tiene la ventaja de causar poca o nada de torsión en las barras.

La cantidad recomendada de amarras con alambre, según el tipo de elemento, se puede sintetizar como sigue.

- a) Para armaduras de losas sencillas armadas en obra:
 - A lo menos en tres puntos de cada barra.
 - Las suficientes para que las barras no se desplacen con el vibrado del hormigón.
 - En todas las intersecciones del perímetro exterior.
 - A distancias de 1,5 a 1,8 m para barras de diámetro 16 mm y de 2,4 a 3,0 m para barras 18 mm.
- b) En vigas y columnas dependerá del número de barras y estribos que formen una sección transversal. Deben instalarse en todos los vértices de los estribos y en forma alterada como máximo, cada 80cm para barras de diámetros 16mm y cada 60cm para barras de diámetros de 18mm.

2.4.2.2.3 Separadores y soportes

Las barras de las armaduras deben ser amarradas, soportadas, ancladas e inspeccionadas antes de iniciar la faena de hormigonado, por lo que es de mucha importancia que sus separadores y soportes sean capaces de sostener firmemente las barras, que sean lo suficientemente sólidos como para resistir el vaciado del hormigón y eviten la posibilidad que las barras tiendan a moverse, se desplacen o se curven.

Es importante que las barras sean instaladas con sumo cuidado, ya que la resistencia de un elemento estructural depende de la correcta posición de las barras de refuerzo.

Se utilizan habitualmente separadores de moldajes, soportes de barras y espaciadores de plástico o metálicos de diferentes medidas según el recubrimiento especificado. Aunque actualmente es menos común, también se usan eventualmente algunos tipos de soportes y espaciadores de concreto, conocidos como calugas, los que están provistos de 2 patas de alambre para ser amarrados al acero.

Para soportar las barras superiores de las losas se usan indistintamente sillas individuales o continuas, instaladas a distancias aproximadas de 1,5 m.

Las Figura 2-29 y 2-30 se muestra los tipos de separadores. Y en la Figura 2-31 y 2-32 se presentan los tipos de sillas o patas para armadura de losas.

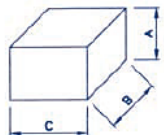
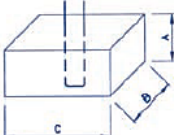
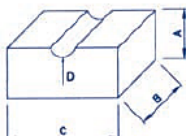
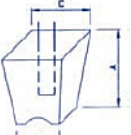
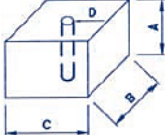
	Alto : 1,8 a 15 cm Largo : 2,5 a 15 cm Ancho : 2,5 a 122 cm	Bloque sencillo usado cuando la barra de refuerzo tiene una posición pendiente. Si la dimensión "C" excede 40 cm, una pieza de barra de refuerzo debe ser montada dentro del bloque.
	Alto : 1,8 a 10 cm Largo : 2,5 a 7,5 cm Ancho : 2,5 a 7,5 cm	Bloque alambrado con un trozo de alambre N° 16 montado dentro de él. Usado en moldajes verticales, o en posición para segurar la barra de refuerzo mediante la amarra con el alambre.
	Alto : 1,8 a 7,5 cm Largo : 2,5 a 6,5 cm Ancho : 3,2 a 7,5 cm	Bloque aguzado y alambrado co un trozo de alambre N° 16, montado dentro de él. Usado en donde se requiere de un mínimo de contacto con el moldaje.
	Alto : 5 a 10 cm Largo : 5 a 10 cm Ancho : 5 a 10 cm	Bloque combinado, generalmente usado en enfierraduras horizontales.
	Alto : 7,5 cm Largo : 7,5 a 12,5 cm Ancho : 7,5 a 12,5 cm	Bloque con chaveta, generalmente para ser usado en trabajos horizontales como soporte de parrillas de fundación o mallas superiores a través de una barra inserta en la perforación.

Figura 2-29. Separadores y soportes de concreto
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

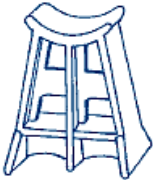
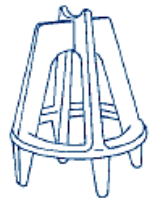
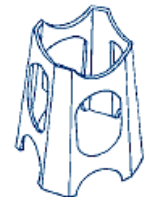
	Alto : 1,8 a 15 cm	Espaciador de barras superiores para ser usado en enfierraduras horizontales. No es recomendable su uso en losas o pavimentos expuestos a la intemperie.
	Alto : 1,8 a 5 cm	Espaciador de barras superiores con sujetador de abrazadera para ser usado en trabajos horizontales. No es recomendable su uso en losas o pavimentos expuestos a la intemperie.
	Alto : 1,8 a 12,5 cm	Silla alta para ser usada en losas y paneles de muro.
	Alto : 6,5 a 16 cm	Silla alta variable para trabajos verticales y horizontales.
	Para recubrimientos de hormigón de 2 a 8 cm con incremento cada 1 cm	Rueda espaciadora, generalmente para ser usada en trabajos verticales. La abrazadera del espaciador permite un mínimo contacto con los moldajes. Aplicable para barras de refuerzo de muros, pilares y columnas.

Figura 2-30. Separadores y soportes plásticos
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

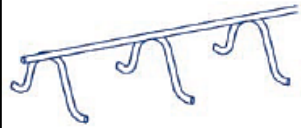
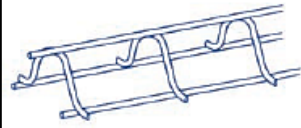
	Alto : 1,8 - 2,5 - 4 y 5 cm Largo : 1,5 y 3 m	Soporte de barras con un travesaño corrugado superior y piernas para ser usado en barras superiores de losas.
	Alto : 2,5 - 4 y 5 cm De 5 a 14 cm con incrementado cada 1 cm Largo : 1,5 m	Soporte de barras con un travesaño superior y piernas para ser usado en barras superiores de vigas.
	Alto : 2,5 - 4 y 5 cm De 5 a 14 cm con incrementado cada 1 cm Largo : 1,5 m	Equivalente al ejemplo anterior.
	Alto : 1,8 + 2,5 - 4 y 4,5 cm	Silla para barra individual, para ser usada e barras superiores de losas, viguetas o vigas.
	Alto : 1,8 - 2,5 - 4 y 5 cm Largo : 10 - 12,5 y 15 cm	Silla para soportar y espaciar dos barras superiores en viguetas.

Figura 2-31. Soportes y separadores de acero
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

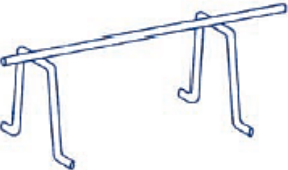
	Alto : 2,5 a 40 cm con incremento cada 1 cm	Silla alta para barra individual, para ser usada en barras superiores de losas, viguetas o vigas.
	Alto : 2,5 a 40 cm con incremento cada 1 cm Largo : 1,5 y 3 m	Silla alta continua similar al ejemplo anterior.

Figura 2-32. Soportes y separadores de acero (continuación)
Fuente: Manual de Armaduras. Gerdau AZA.

2.4.3 Hormigonado

Como se mencionó anteriormente el hormigón armado se define como el material resultante de la unión del hormigón o concreto (mezcla proporcional de cemento Portland, o cualquier otro cemento hidráulico, con arena, grava y agua limpia, con o sin aditivos, que al fraguar y endurecer adquiere resistencia) y las armaduras o barras de acero de refuerzo, combinados de tal forma que constituyan un elemento sólido, monolítico y único desde el punto de vista de sus características físicas, para aprovechar así las cualidades individuales que presentan ambos materiales.

La partida de hormigonado consiste en colocar y verter el hormigón fresco sobre las estructuras de moldaje que contienen las armaduras confeccionadas correspondientes a cada elemento estructural.

En relación a la confección, transporte, colocación, compactación, curado, protección, desmolde y descimbre de hormigones, se recurre a la normativa correspondiente, es decir la Norma Chilena 170 versión 1985. En lo que sigue se presentan los aspectos relevantes que tienen relación con la elaboración del protocolo de control de la partida de hormigonado. [11]

2.4.3.1 Designación del hormigón

Según la NCh 1934 (referida por la NCh 170), los tipos de hormigón, en la base de compra deben designarse, por lo menos, con las siguientes características: [11]

- Resistencia especificada a compresión, medida en probetas cúbicas de 200 milímetros de arista, a la edad de 28 días.
- Fracción defectuosa (fracción total del lote, en porcentaje o fracción decimal, con resistencias menores a un valor especificado. Es lo contrario de nivel de confianza)
- Tamaño máximo nominal del árido grueso.
- Docilidad del hormigón, según el asentamiento del Cono de Abrams.

Un ejemplo de designación es:

H30 (10) 20/6

Corresponde a un hormigón con una resistencia especificada a la compresión de 30MPa a los 28 días en probeta cúbica de 20 cm de arista, con 10% de fracción defectuosa, con un tamaño máximo nominal del árido grueso de 20 mm, docilidad de 6 cm de asentamiento de cono y sin especificaciones especiales.

La designación del hormigón para un proyecto de edificación, viene dado en las especificaciones técnicas del proyecto. Puede variar según el elemento estructural.

2.4.3.2 Plazos de transporte

Según la NCh 1934 (referida por la NCh 170), el tiempo de transporte y entrega, contando desde la hora de carga y hasta la hora del fin de la descarga, no debe exceder de dos horas, salvo que las partes pacten otros tiempos y se adopten las medidas técnicas para asegurar las propiedades del hormigón.

El plazo que media entre la descarga del camión mezclador o agitador y el lugar de colocación definitiva del hormigón no debe exceder de 30 minutos.

2.4.3.3 Asentamiento de Cono

La docilidad del hormigón en el momento de su colocación, medida por el asentamiento de cono, se debe elegir de acuerdo con la Tabla 2-1 [11]

Tabla 2-1. Asentamiento de cono del hormigón según tipo de estructura

Tipo de estructura	Asentamiento de cono para compactación por vibración, cm
Hormigón armado	4 a 10
Hormigón sin armar	2 a 8
Pavimentos	Inferior a 5

Fuente: NCh 170 of 1985

2.4.3.4 Ubicación de Juntas

Se entiende por junta de hormigonado, a la unión que se debe realizar durante el hormigonado para mantener la continuidad monolítica de dos secciones contiguas cuando se ha producido una interrupción que supera el período plástico del hormigón. [11]

Según el tipo de junta, se tienen:

- **Las predeterminadas**, fijadas según las exigencias del cálculo estructural, la estética y las condiciones de ejecución. Estas juntas corresponden a las previstas para finalizar el hormigonado de algún elemento o para terminar una jornada de trabajo.
- **Las imprevistas**, provocadas por eventuales e insubsanables desperfectos en maquinarias o equipos o por cambios no previsibles en el clima.

Las juntas de hormigonado se ubican, en general, perpendicularmente a las tensiones principales de compresión y en las zonas en que las tensiones de tracción o de corte son nulas o las menores posibles.

En losas y vigas, las juntas de hormigonado deben ubicarse aproximadamente a una distancia de un cuarto de la luz, pasado el apoyo, y su dirección inclinada a 45° según lo mostrado en la Figura 2-33.

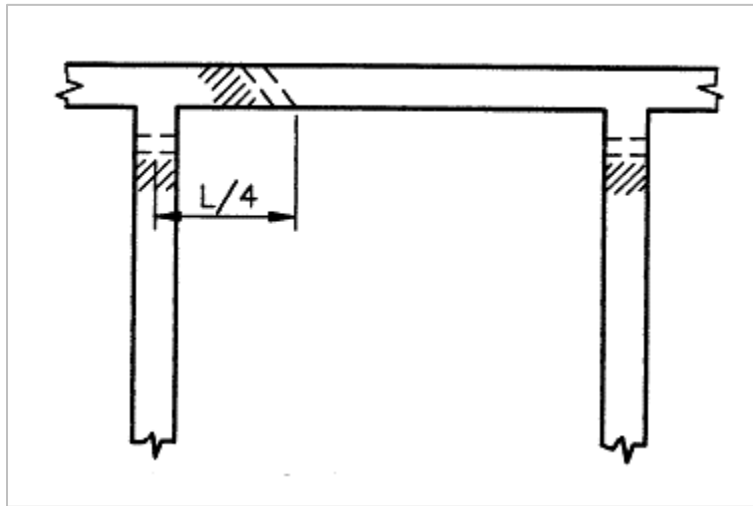


Figura 2-33. Ubicación de juntas de hormigonado en Losas y Vigas
Fuente: NCh 170of1985

En cruces y encuentros de vigas, las juntas deben ubicarse en la viga que se hormigonará posteriormente, a una distancia igual al doble del ancho del elemento vertical que une ambas vigas, tal como se muestra en la Figura 2-34.

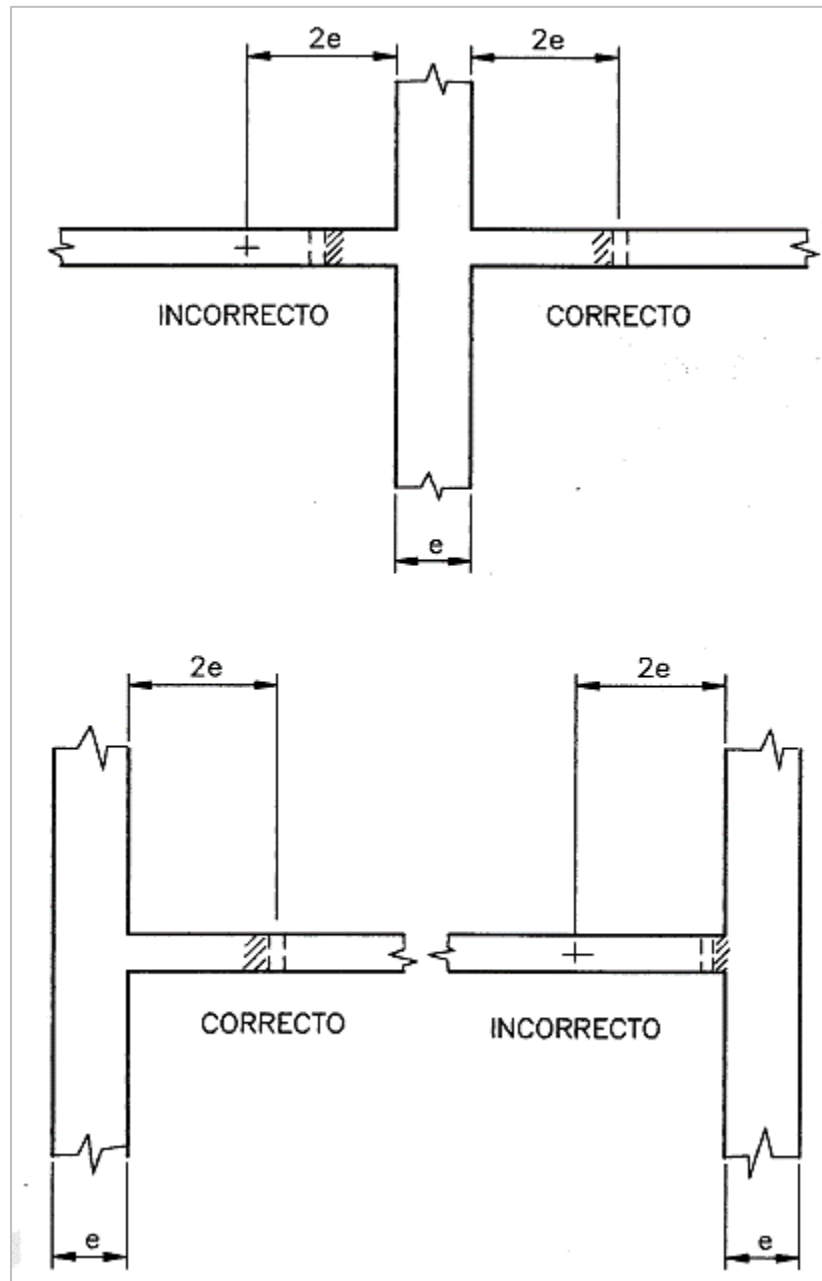


Figura 2-34. Ubicación de juntas de hormigonado para encuentros de vigas
Fuente: NCh 170of1985

2.4.3.5 Tratamiento de junta

En la mayoría de los casos el tratamiento de la junta para hormigón envejecido es el siguiente: [11]

- a) Picar la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión;
- b) lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicia el hormigonado;

2.4.3.6 Colocación y Altura de caída libre del hormigón

La colocación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para:

- a) mantener la homogeneidad del hormigón
- b) asegurar la continuidad o monolitismo de los elementos estructurales
- c) mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos a hormigonar
- d) evitar desplazamientos de deformaciones de las armaduras u otros elementos embebidos

El hormigón se debe colocar en capas horizontales de un espesor no mayor que 50 cm cuidando que:

- a) al colocar una capa el hormigón subyacente o contiguo esté aún fresco
- b) durante el vaciado se eviten segregaciones por escurrimiento
- c) cada capa pueda ser compactada en toda su altura con el equipo en uso. Cuando se use vibrador de inmersión la capa debe tener una altura inferior a la longitud de la botella.

La altura de caída libre del hormigón, medido desde el punto de vaciado hasta el lugar de depósito definitivo, debe ser la menor posible. En el caso de estructuras verticales (muros, pilares, etc.), esta altura no debe sobrepasar los valores indicados en la Tabla 2-2, según el asentamiento de cono: [11]

Tabla 2-2. Altura de caída libre del hormigón

Asentamiento de cono, cm	Altura máxima, m
Inferior a 4	2,0
de 4 a 10	2,5
Superior a 10	2,0

Fuente: NCh 170of1985

2.4.3.7 Compactación del hormigón

La compactación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se pueda: [11]

- a) Obtener la máxima compacidad del hormigón por eliminación de las burbujas de aire arrastradas
- b) Rellenar completamente el moldaje sin deformarlo excesivamente y sin producir nidos de piedras
- c) Rodear en forma continua las armaduras
- d) Obtener la textura superficial especificada

3 ANTECEDENTES Y RECOPIACIÓN DE DATOS

3.1 El Sistema Digital en Línea “Calidad Cloud”

En el constante trabajo y búsqueda de la industria de la construcción en mejorar sus procesos, se destaca la importancia de la calidad en cada proceso constructivo, desde los inicios hasta la postventa. Todo esto con el objetivo de **medir, controlar y ahorrar** en el proceso, tanto para la empresa como para el cliente.

La empresa RyR Optimiza, buscando disminuir la posventa mediante la gestión de calidad en obra y luego de una serie de análisis de fallas recurrentes de posventa y datos de clientes, ha creado el sistema digital “**Calidad Cloud**”. [12]

Calidad Cloud es un sistema digital en línea, que permite controlar los procesos constructivos y de terminaciones que se llevan a cabo en una obra de construcción. [1]

Con Calidad Cloud los protocolos de control se llevan en línea, lo que permite realizar métricas y comparativas en tiempo real de lo que sucede en obra, sin tener que esperar que se traspasen los datos a planillas, evitando las pérdidas de datos y ampliando los puntos de revisión, además de registrar con fotografías los sucesos o hallazgos encontrados. [1]

Calidad Cloud es 100% web, lo que hace compatible con dispositivos móviles, celulares, tablets y cualquier computador conectado a internet. Además, permite elaborar gráficos de fácil revisión para llevar el control de procesos críticos, optimizar la labor diaria de los equipos y cuadrillas y optimizar las reuniones de obra. [1]

Este sistema permite informar fallas desde los niveles más bajos hasta los más altos, **optimizar el tiempo en terreno, disminución del uso de papel**, entrega reportes de índices e indicadores que además se actualizan minuto a minuto, obteniendo una visión completa de lo que ocurre en la obra. [12]

El software permite un control de la obra, en todo momento de su ejecución, detectando fallas en un punto en que todavía es corregible, que mostrará con el tiempo ser más beneficioso para la empresa y el cliente recibirá el producto que siempre esperó, siendo la mejor recomendación para los futuros compradores.

Calidad Cloud viene a revolucionar el mercado, en cuanto a las metodologías tradicionales que consisten en contar con protocolos de control (listas de chequeo) o cartillas de control en papel, para luego llenarlas con la información y observaciones recabadas en terreno. Y posteriormente, al terminar el llenado de esos documentos, se archivan como material de respaldo. Esa recopilación de datos, información y observaciones en terreno, no se utiliza como **métrica de calidad** (Sección 2.1.2.3.) para la mejora continua de los procesos.

3.2 Obtención de Información de Protocolos y Registro de Fallas

RyR Optimiza, en base a la información almacenada en Calidad Cloud, facilita la información de los protocolos de control de 20 empresas, referentes a las partidas de obra gruesa en estudio como Moldaje, Armadura y Hormigonado. Como también se facilitaron datos de fallas, almacenados por las empresas a partir de sus controles de calidad en obra en un cierto periodo de tiempo. Cabe señalar que sólo algunas empresas cuentan con esta información.

A partir de ahora se referirá a las empresas como: Empresa 1, Empresa 2, Empresa 3, Empresa 4, etc. Esto con la intención de resguardar la confidencialidad de la información proporcionada.

Toda esta información se utilizará como una de las bases para elaborar y proponer protocolos de control estándar en forma preliminar.

Con la intención de organizar y explicar mejor los datos sobre los protocolos de control y datos de fallas facilitados por Calidad Cloud, se presenta a continuación tablas con información resumen acerca de su contenido en cuanto a partidas (Moldaje, Armadura y Hormigonado) y elementos (Losas, Vigas y Capiteles). También, se señala si poseen información de fallas.

3.2.1 Moldaje

En la Tabla 3-1 se muestra un resumen de los protocolos de moldaje recopilados para las 20 empresas

Tabla 3-1. Resumen de contenido para partida de Moldaje de 20 empresas.

Empresa	Protocolos de Control Clasificados	Posee Datos de Fallas
1	Losas y Vigas por igual	Si
2	Solo Losas	No
3	Losas, Vigas y Capiteles por igual	Si
4	Solo Losas	Si
5	No posee	No
6	No posee	No
7	Solo Losas	No
8	Losas, Vigas y Muros por igual	No
9	Losas y Vigas por igual ⁷	No
10	Losas y Vigas por igual	No
11	Solo Losas	Si
12	Losas y Vigas por separado	Si
13	Solo Losas	No
14	Losas y Vigas por igual ⁷	No
15	Elementos horizontales de H.A.	Si
16	Solo Losas ⁸	No
17	Solo Vigas	No
18	Losas y Viga por separado	Si
19	Posee Solo Terminaciones	No
20	Sólo Losas	No

Fuente: Elaboración propia.

⁷ En estas empresas se señalan protocolos de control de Losas y Vigas por separado, pero los puntos de revisión son idénticos, por lo tanto, se indica "Losas y Vigas por igual"

⁸ Hay inconsistencias en los protocolos de esta empresa. En Armadura de Viga, los puntos de revisión, al parecer corresponden a moldaje. Las listas correctas eran solo las de Losas, por lo que se optó por "Sólo Losas".

3.2.2 Armadura

En la Tabla 3-2 se muestra un resumen de los protocolos de Armadura recopilados para las 20 empresas

Tabla 3-2. Resumen de contenido para partida de Armadura de 20 empresas

Empresa	Protocolos de control Clasificados	Posee Datos de Fallas
1	Losas y Vigas por separado	Si
2	Solo Losas	No
3	Losas, Vigas y Capiteles por igual	Si
4	Losas y Vigas por igual ⁹	Si
5	Solo Losas	Si
6	No posee	No
7	Solo Losas	Si
8	Obra Gruesa General	No
9	Losas y Vigas por igual ⁹	Si
10	Losas y Vigas por Igual	No
11	Solo Losas	Si
12	Losas y Vigas por igual ⁹	Si
13	Solo Losa	Si
14	Losas y Vigas por igual ⁹	Si
15	Elementos de H.A por igual	Si
16	Solo Losas ¹⁰	No
17	Solo Vigas	No
18	Losas y Vigas por igual ⁹	Si
19	Posee Solo Terminaciones	No
20	Solo Losas	No

Fuente: Elaboración propia.

⁹ En estas empresas se señalan protocolos de control de Losas y Vigas por separado, pero los puntos de revisión son idénticos, por lo tanto, se indica "Losas y Vigas por igual"

¹⁰ Hay inconsistencias en los protocolos de esta empresa. En Armadura de Viga, los puntos de revisión, al parecer corresponden a moldaje. Las listas correctas eran solo las de Losas, por lo que se optó por "Solo Losas".

3.2.3 Hormigonado

En la Tabla 3-3 se muestra un resumen de los protocolos de Hormigonado recopilados para las 20 empresas

Tabla 3-3. Resumen de contenido para partida de Hormigonado de 20 empresas

Empresa	Listas de control clasificadas	Posee Datos de Fallas
1	Muros, Pilares, Vigas; y Losas por igual ¹¹	Si
2	Solo Losa	No
3	Capiteles, Losas y Postensados	No
4	Losas y Vigas por separado	Si
5	Solo Losas	No
6	No posee	No
7	No posee	No
8	Elementos de O.G.	No
9	Losas y vigas por igual ¹²	Si
10	Losas y vigas por igual	No
11	Solo Losas	Si
12	Losas y vigas por igual ¹²	Si
13	Solo Losas	Si
14	Losas y vigas por igual ¹²	No
15	Elementos horizontales de H.A. por igual	Si
16	Solo Losa ¹³	No
17	Solo Vigas	No
18	Losas y Vigas por igual ¹²	Si
19	Posee solo terminaciones	No
20	Solo Losas	No

Fuente: Elaboración propia.

¹¹ En Empresa 1 se señala lista de chequeo de Muros, Pilares, Vigas por igual y Losas por separado; pero sus puntos de revisión son idénticos por lo que se señala “Muros, Pilares, Vigas y Losas por igual”

¹² En estas empresas se señalan protocolos de control de Losas y Vigas por separado, pero los puntos de revisión son idénticos, por lo tanto, se indica “Losas y Vigas por igual”

¹³ Hay inconsistencias en los protocolos de esta empresa. En Armadura de Viga, los puntos de revisión, al parecer corresponden a moldaje. Las listas correctas eran solo las de Losas, por lo que se optó por “Sólo Losas”.

3.3 Información de Protocolos de Control

En base a la información almacenada en Calidad Cloud, RyR Optimiza facilita los protocolos de control (listas de chequeo) de algunas empresas. Por su extensión, esta información se presenta en detalle en el Anexo A.

4 ANÁLISIS DE DATOS HISTORICOS DE FALLAS

En ésta sección se presenta un análisis de los datos históricos de fallas para algunas empresas con las que se cuenta información al respecto.

En primera instancia se presentan registros de fallas en relación a los puntos de revisión de los protocolos de control de calidad. Esto se presenta mediante diagramas de Pareto.

En segunda instancia se presentan los registros de fallas en relación al avance en altura de las edificaciones, es decir, según el avance en los pisos del edificio.

4.1 Concepto de Diagrama de Pareto

El Principio de Pareto es también conocido como la regla del 80-20 y recibe este nombre en honor a Wilfredo Pareto, quien lo enunció por primera vez.

El Diagrama de Pareto es una gráfica para organizar datos en orden descendente en cuanto a su magnitud. Se presentan de izquierda a derecha y representados por barras. Esta representación permite considerar un orden de prioridades de lo que los datos que se están graficando.

El diagrama permite llevar a cabo el principio de Pareto lo que se traduce en la existencia de causas sin importancia frente a otras relevantes. El diagrama puede ser una herramienta útil que permite el estudio comparativo de actividades que se desarrollan en industrias. Se debe considerar que la distribución de los efectos, como sus posibles causas, no es un fenómeno necesariamente lineal, sino que el 20% de las causas totales hace que sean originadas el 80% de los efectos.

El diagrama de Pareto se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, comenzando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, empezando por las de mayor magnitud.

4.2 Datos de Fallas por Puntos de Revisión mediante Diagramas de Pareto

En adelante se presentan Diagramas de Pareto asociado a la información de datos de fallas almacenada por cada empresa. A continuación de cada diagrama se indican los puntos de revisión más influyentes en la relación al principio de Pareto 80-20. Es decir, se consideran los puntos de revisión que ocasionan el 80% de las fallas totales para la partida correspondiente.

4.2.1 Moldaje

En la Tabla 4-1 se presenta para cada empresa el rango de fechas para los datos almacenados de fallas. Adicionalmente se realiza un cálculo de cantidad de fallas por mes.

Tabla 4-1. Rango de fechas de datos de fallas para Moldaje

	Fecha Inicial	Fecha Final	Meses	Fallas por mes
Empresa 1	29/08/2013	19/01/2015	16,9	6,5
Empresa 3	04/08/2014	01/06/2015	10,0	0,4
Empresa 4	07/10/2015	16/05/2016	7,4	2,6
Empresa 11	30/06/2015	14/05/2016	10,6	2,1
Empresa 12	13/01/2014	16/05/2016	28,5	1,8
Empresa 15	12/06/2015	16/05/2016	11,3	1,9
Empresa 18	27/11/2014	16/05/2016	17,9	32,3

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.1 Empresa 1

En la Figura 4-1 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 1:

- Uniones, estanqueidad y calafateo
- Tratamiento de juntas y limpieza
- Separadores de enfierradura
- Rebalses

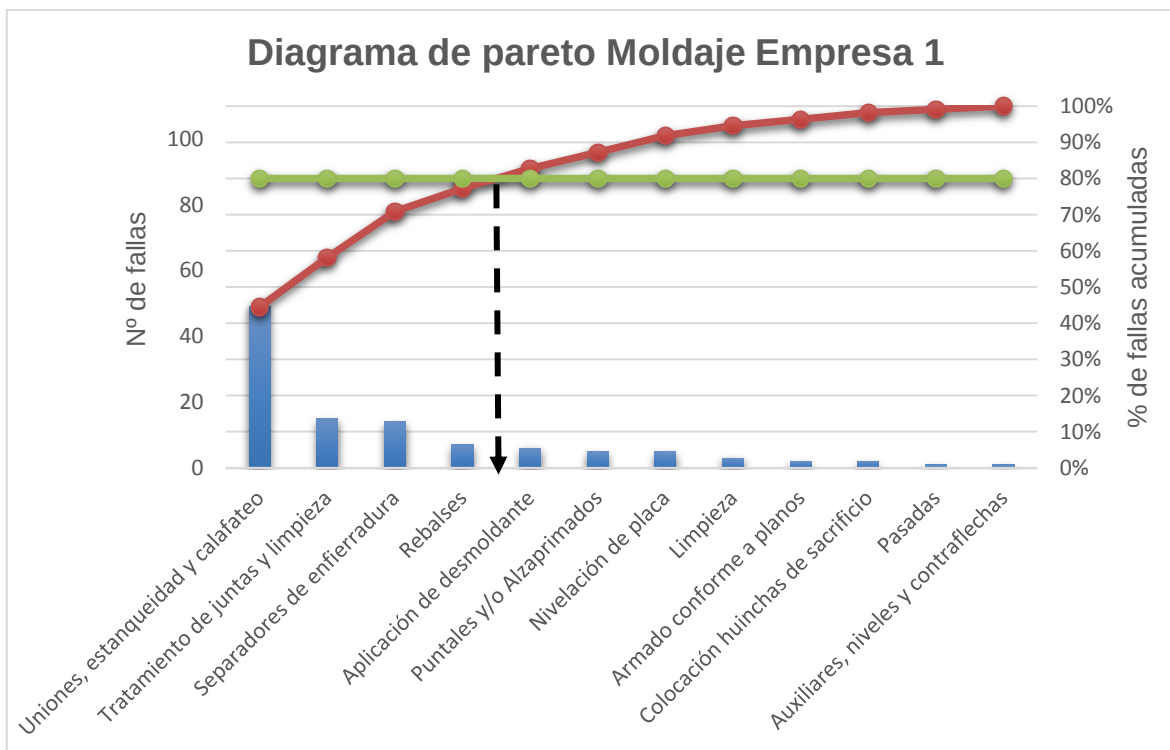


Figura 4-1. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 1
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2 Empresa 3

En la Figura 4-2 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 3:

- Placas 100% fijadas y apoyadas en envigado - Según planos - Control visual
- Alzaprimas aplomadas - Según planos - Control visual

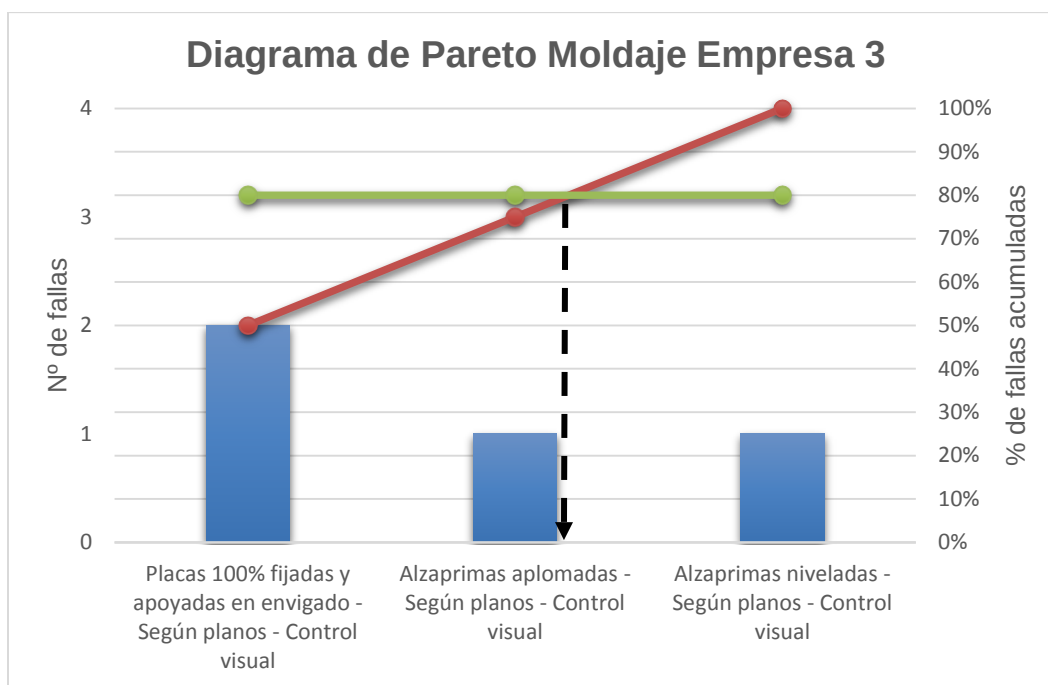


Figura 4-2. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas, Vigas y Capiteles Empresa 3
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3 Empresa 4

En la Figura 4-3 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 4:

- Verificar alzaprimas por m2. Cantidad y distribución según planos, partes y piezas, seguras y firmes
- Limpieza, zona despejada. Moldaje y junta
- Estado de las planchas. Que no estén quebradas, astilladas, rígidas, estancas
- Nidos
- Verificar nivel altura losa en cm
- Colocación de rebalse. Afianzamiento, partes y piezas

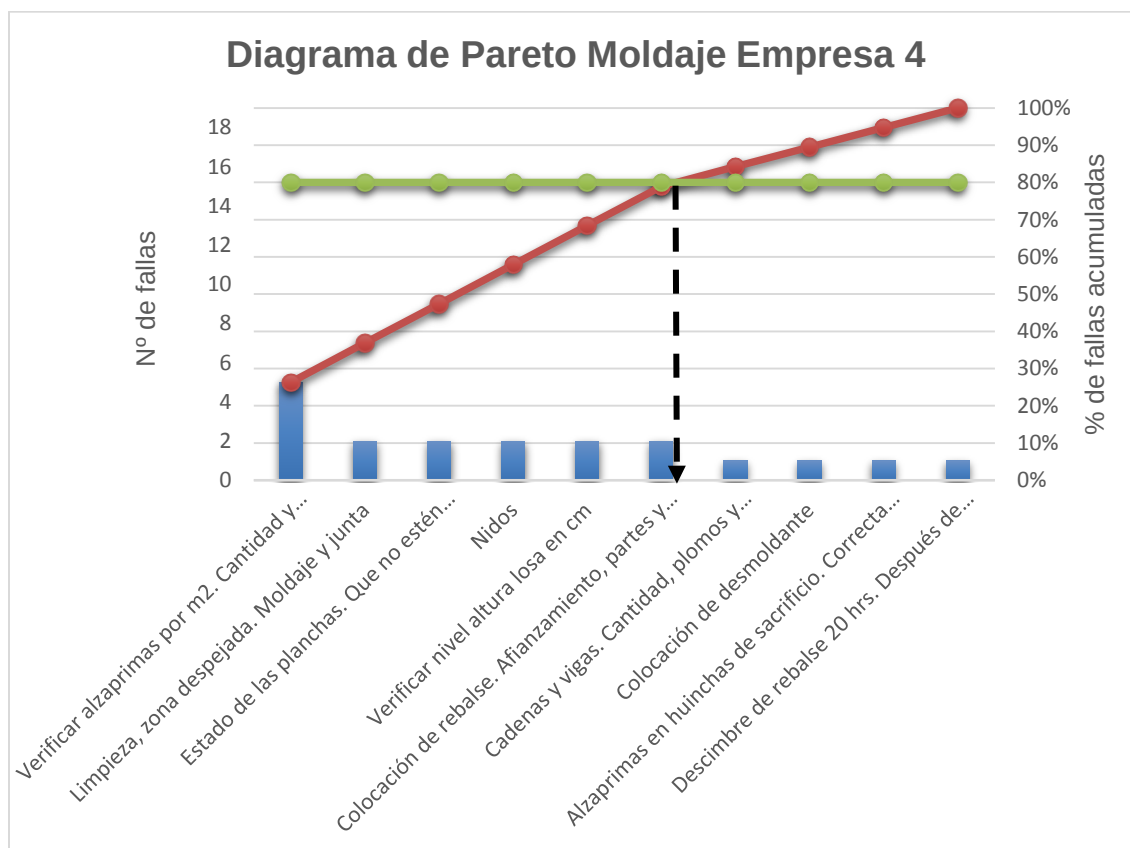


Figura 4-3. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas Empresa 4
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.4 Empresa 11

En la Figura 4-4 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 11:

- Modulación según planos
- Revisión de plomos
- Alineamiento

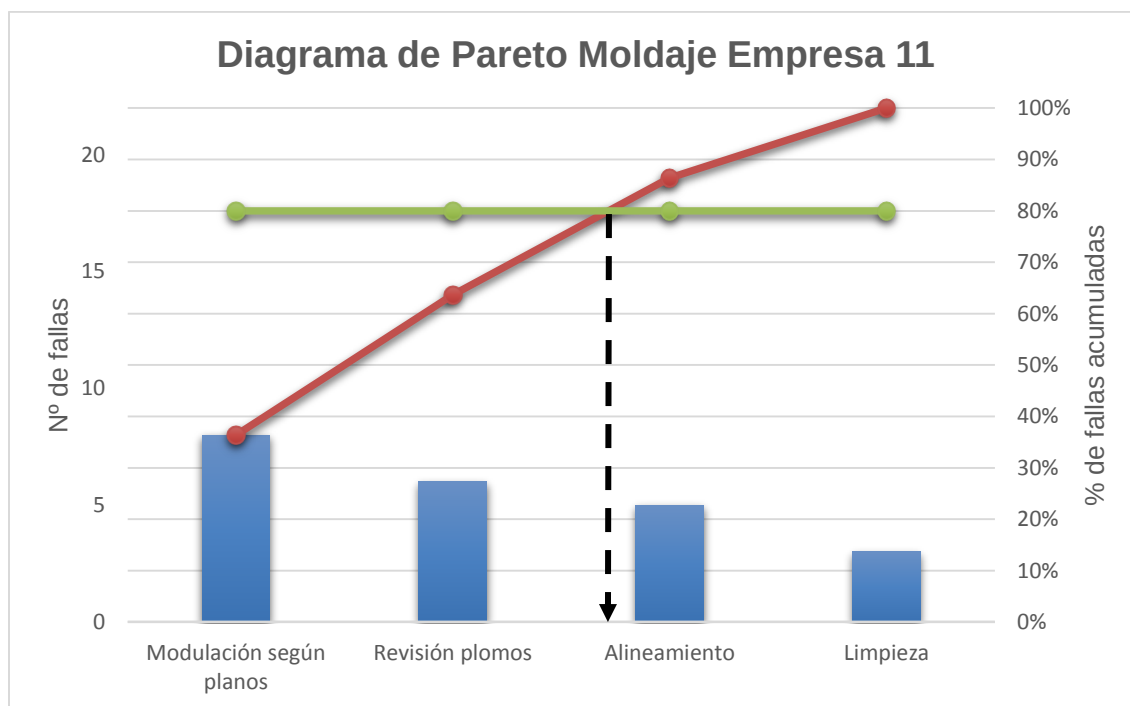


Figura 4-4. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 11
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.5 Empresa 12

En la Figura 4-5 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 12:

- Estanqueidad del moldaje (Sello de juntas verticales y horizontalidad)
- Revisión apuntalamiento (Inspección visual, según proveedor, los suficientes para evitar deformación)
- Instalación de acuerdo a proveedor (Distribución vigas y puntales, según plano)
- Revisión rebalse de losas (Según planos y trazado)

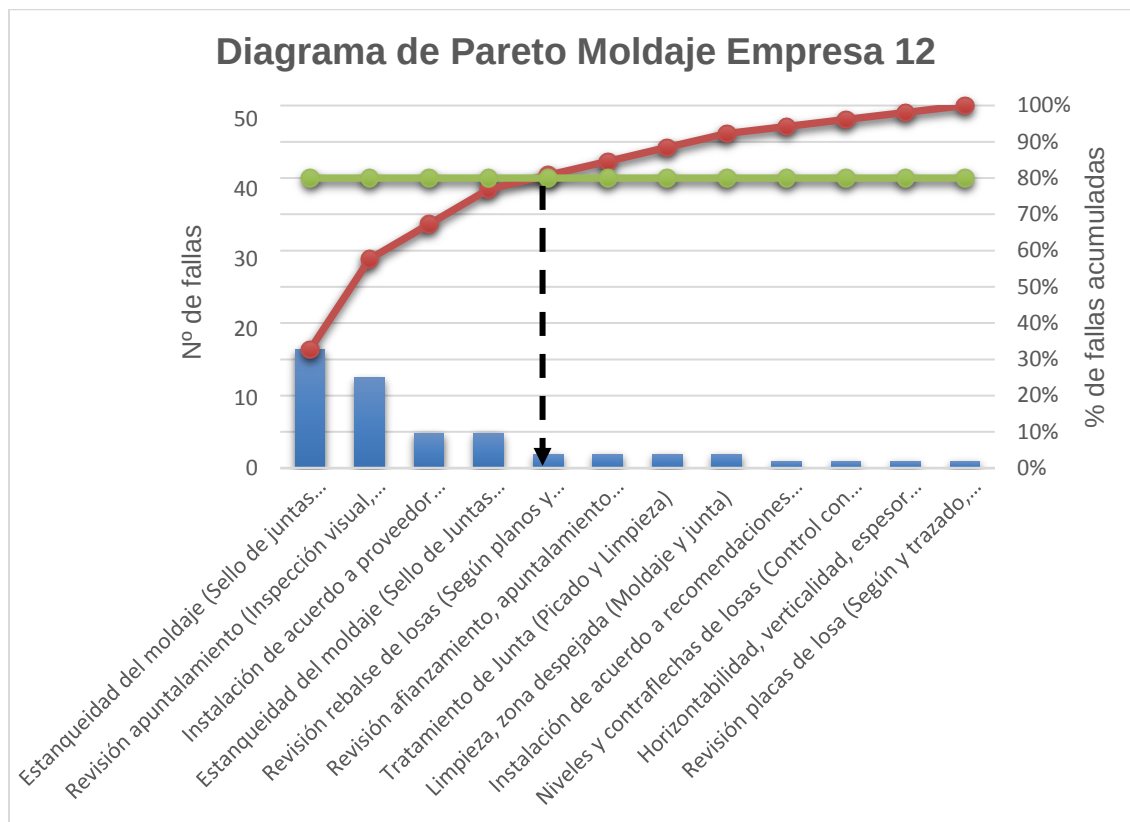


Figura 4-5. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas Empresa 12
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.6 Empresa 15

En la Figura 4-6 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 15:

- Superficies de trabajo y zonas de tránsito adecuadas para colocación de moldajes
- Aplicación de desmoldante Sika Form Madera o Metal
- Placas y elementos de moldajes, en buen estado, sin elementos faltantes o dañados
- Linealidad de moldajes (± 5 mm en 3 m). - Visual - Lienza – Huincha
- Nivelación de parte superior (Max.: ± 5 mm en 3 m)-Visual - Lienza - Huincha
- Recepción Previa conforme de trazado y niveles, según procedimiento respectivo

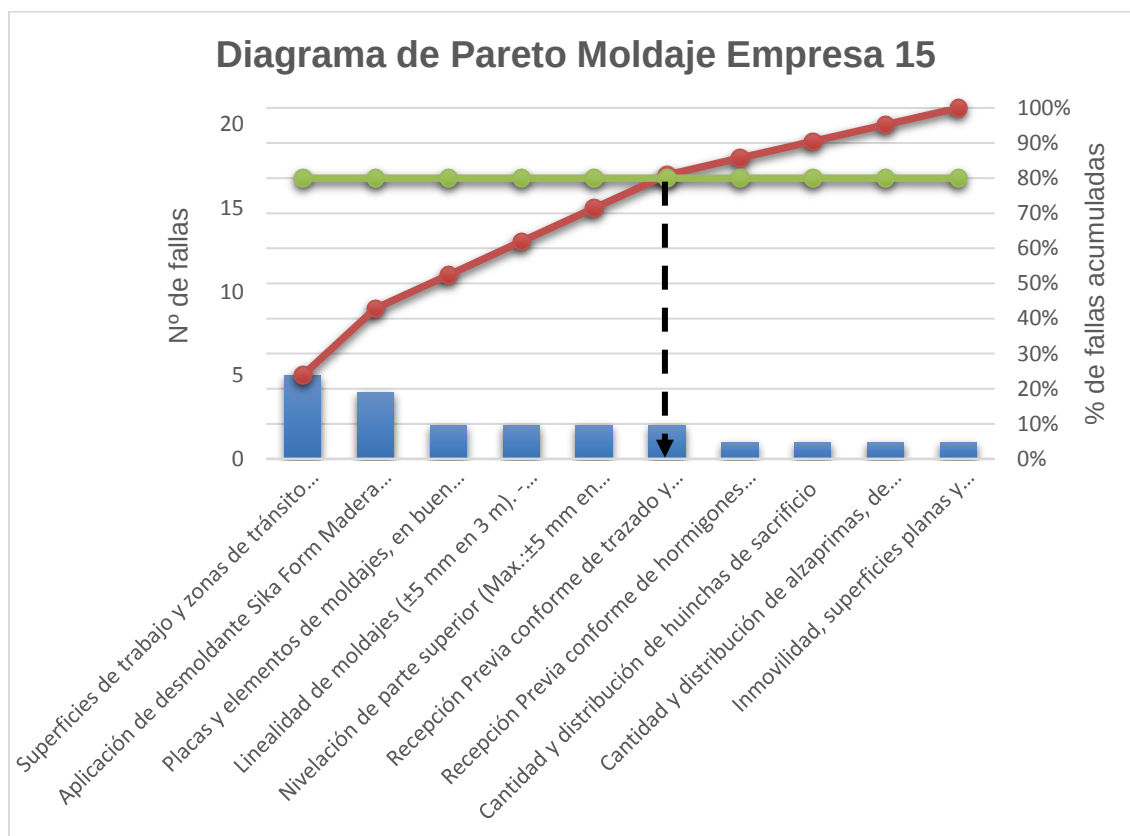


Figura 4-6. Diagrama de Pareto de Moldaje de Vigas Empresa 15

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.7 Empresa 18

En la Figura 4-7 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Moldaje en la Empresa 18:

- Chequeo de Espesor de Muro (S.P.)
- Chequear Contraflecha (S.P. 5mm)

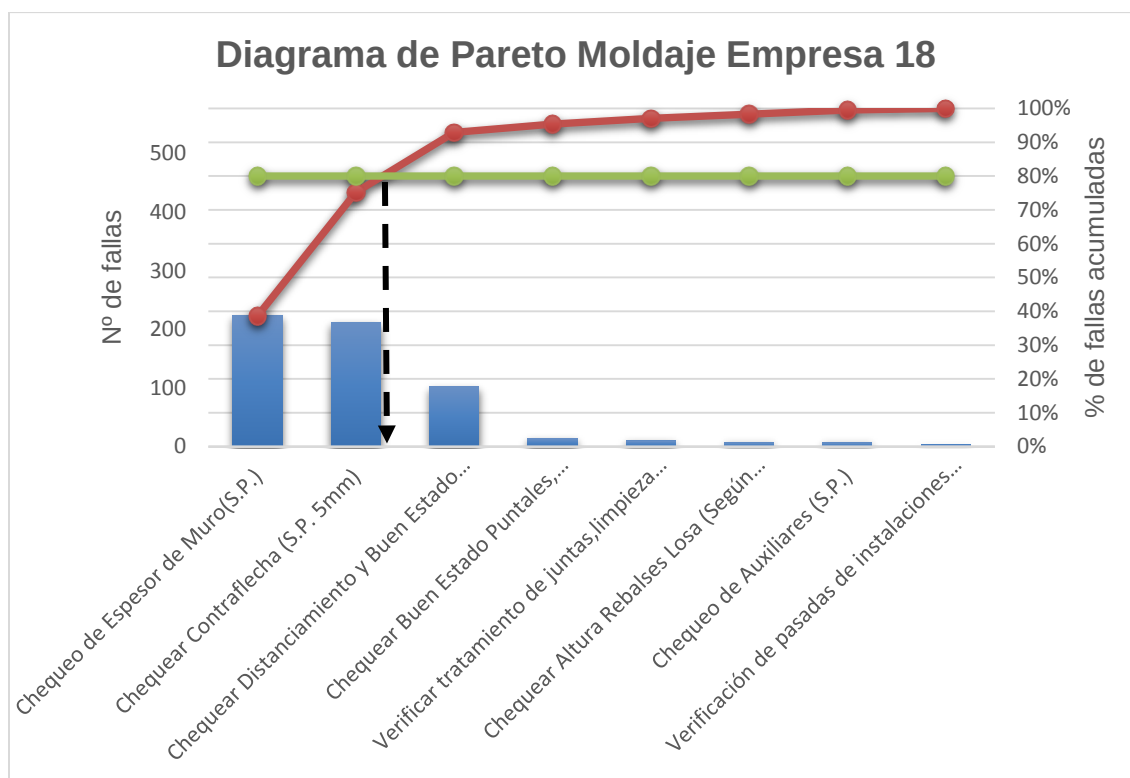


Figura 4-7. Diagrama de Pareto de Moldaje de Losas y Vigas Empresa 18
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Armadura

En la Tabla 4-2 se presenta, para cada empresa, el rango de fechas para los datos almacenados de fallas. Adicionalmente se realiza un cálculo de cantidad de fallas por mes.

Tabla 4-2. Rango de fechas de datos de fallas para Armadura

	Fecha Inicial	Fecha Final	Meses	Fallas por mes
Empresa 1	29/08/2013	19/01/2015	16,9	3,1
Empresa 3	04/08/2014	01/06/2015	10,0	0,2
Empresa 4	07/10/2015	16/05/2016	7,4	8,8
Empresa 5	02/07/2014	20/08/2014	1,6	9,8
Empresa 7	29/01/2015	11/05/2016	15,6	0,4
Empresa 9	21/04/2016	16/05/2016	0,8	9,7
Empresa 11	30/06/2015	14/05/2016	10,6	2,8
Empresa 12	13/01/2014	16/05/2016	28,5	4,9
Empresa 13	26/10/2015	16/05/2016	6,8	1,0
Empresa 14	16/09/2015	26/01/2016	4,4	4,3
Empresa 15	12/06/2015	16/05/2016	11,3	6,8
Empresa 18	27/11/2014	16/05/2016	17,9	30,8

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1 Empresa 1

En la Figura 4-8 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura de Losas en la Empresa 1:

- Refuerzos de muros 2
- Refuerzos de muros 1
- Reparticiones
- Refuerzos de pasadas
- Suple 1
- Suple 3
- Suple 6
- Empalme largo del FE desde la junta

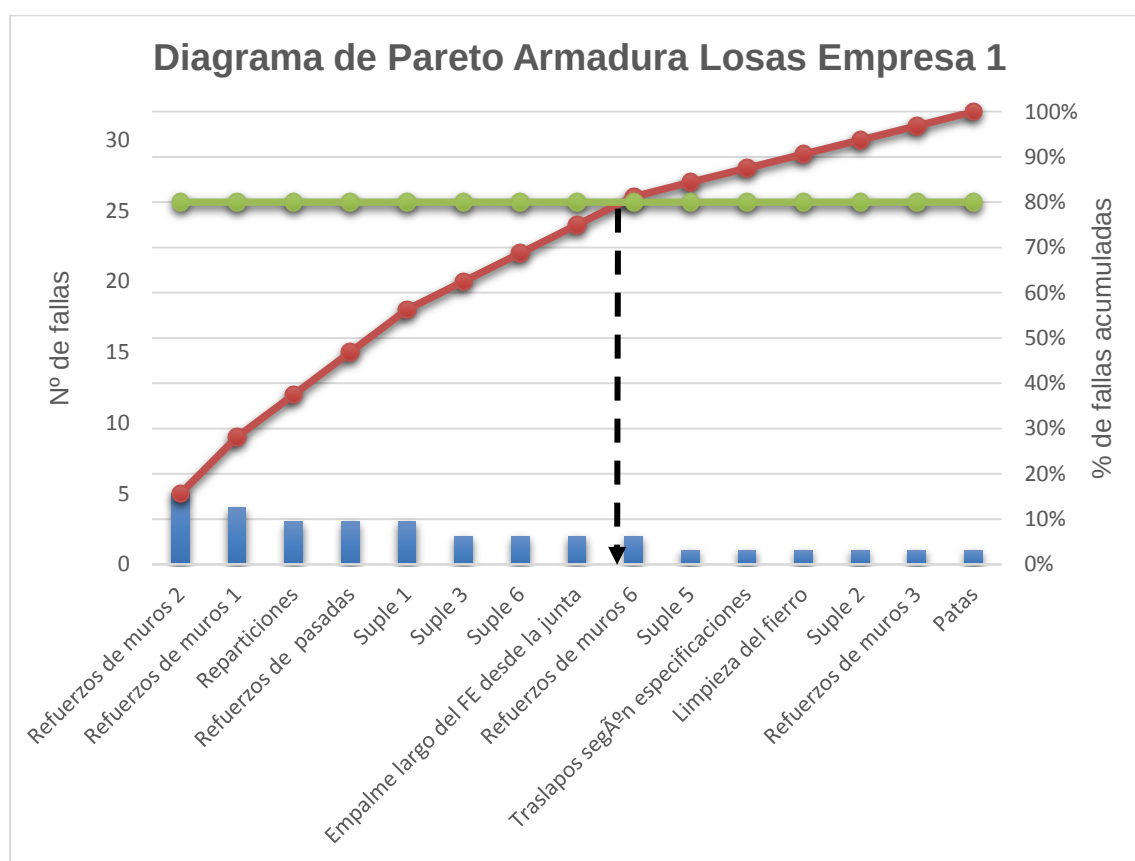


Figura 4-8. Diagrama de Pareto de Armadura de Losas Empresa 1
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4-9 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura de Vigas en la Empresa 1:

- Armadura lateral
- Estribos
- 2º capa superior
- Capa superior
- Refuerzos de pasadas

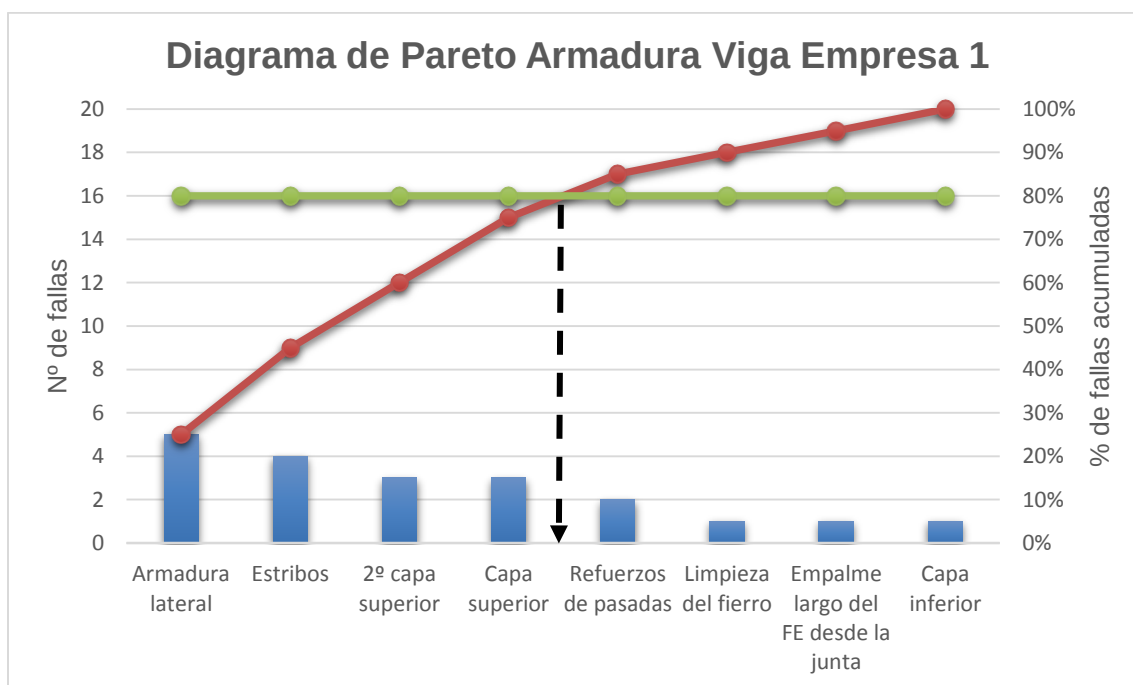


Figura 4-9. Diagrama de Pareto de Armadura de Vigas Empresa 1
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2 Empresa 3

En la Figura 4-10 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 3:

- Ubicación y longitud de traslapos - Según planos - Control métrico

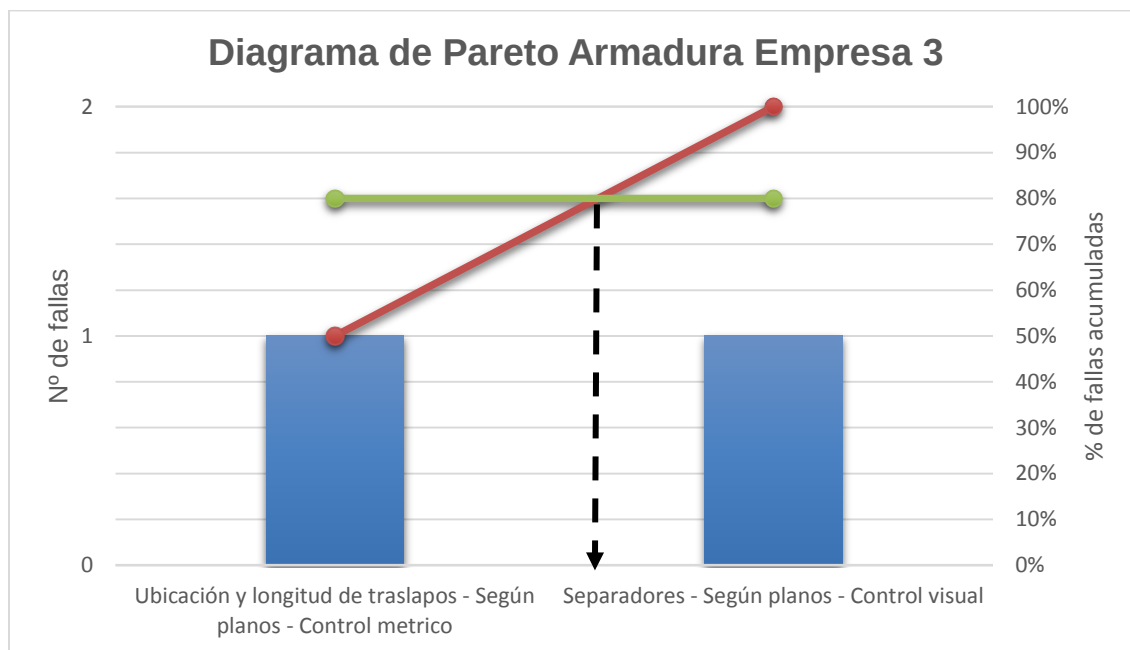


Figura 4-10. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 3
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3 Empresa 4

En la Figura 4-11 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 4:

- Amarras. Inspección visual
- Cantidad. Según planos
- Refuerzos. Según planos y EETT
- Distribución. Con huincha, según planos
- Dimensiones y aplome según trazado según planos, recubrimiento 1,5 cm
- Cantidad (según planos)

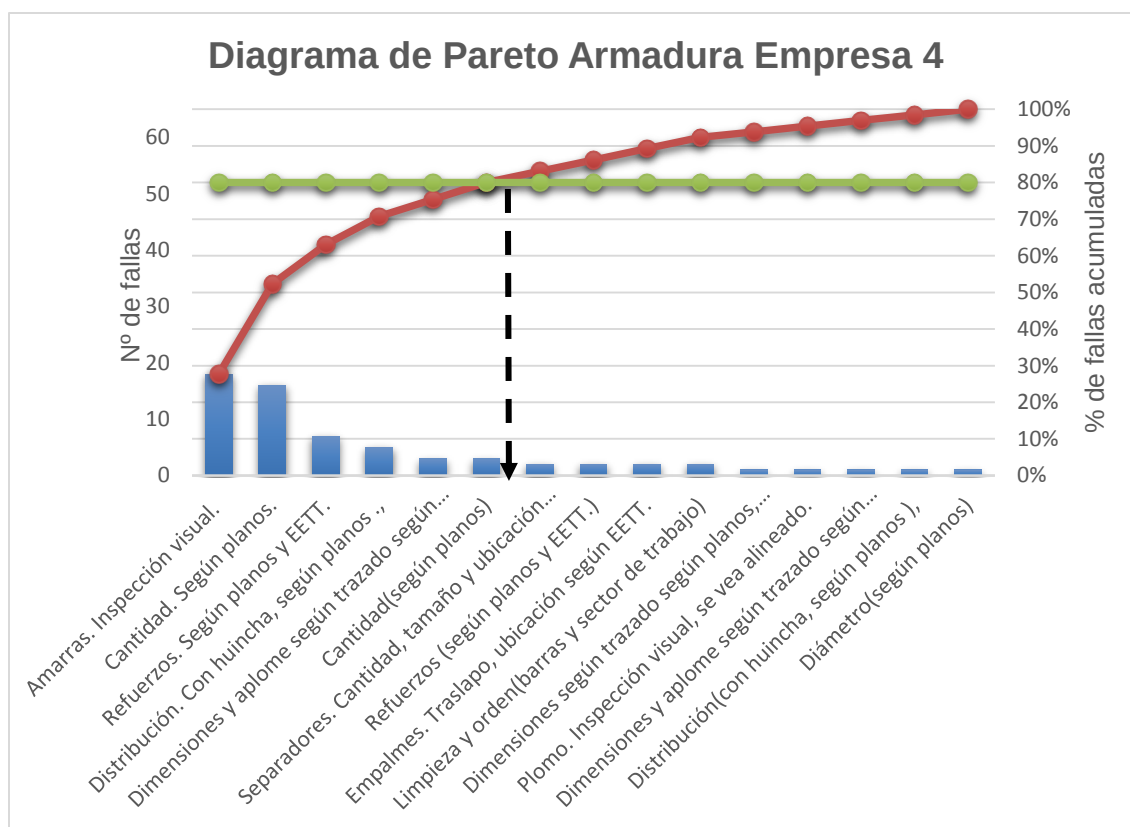


Figura 4-11. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 4

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.4 Empresa 5

En la Figura 4-12 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 5:

- Aseo de la superficie (Moldaje)
- Instalación de refuerzos - Según planos de cálculos
- Instalación de separadores con moldaje - Mínimo para Asegurar el recubrimiento inferior.

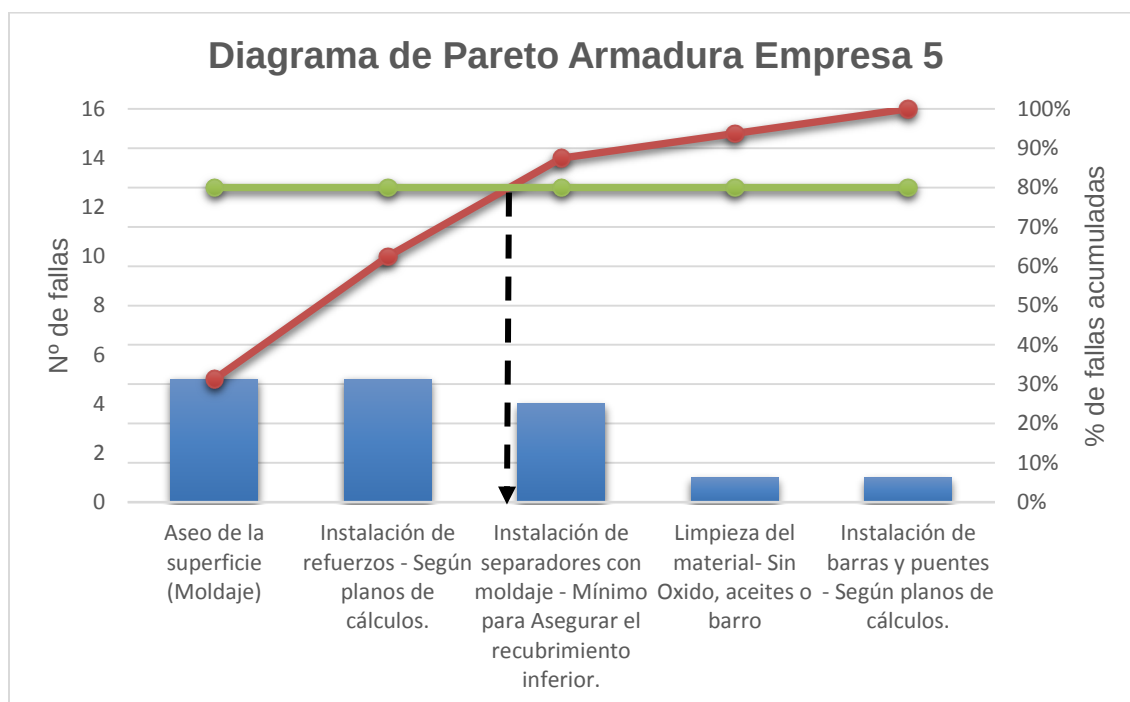


Figura 4-12. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 5
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.5 Empresa 7

En la Figura 4-13 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 7:

- Amarras -Debe ser amarrado con alambre N°18
- Diámetros - Revisar diámetros de enfierradura instaladas
- Traslapos -Cumplir con traslapos especificados en planos de ingeniería

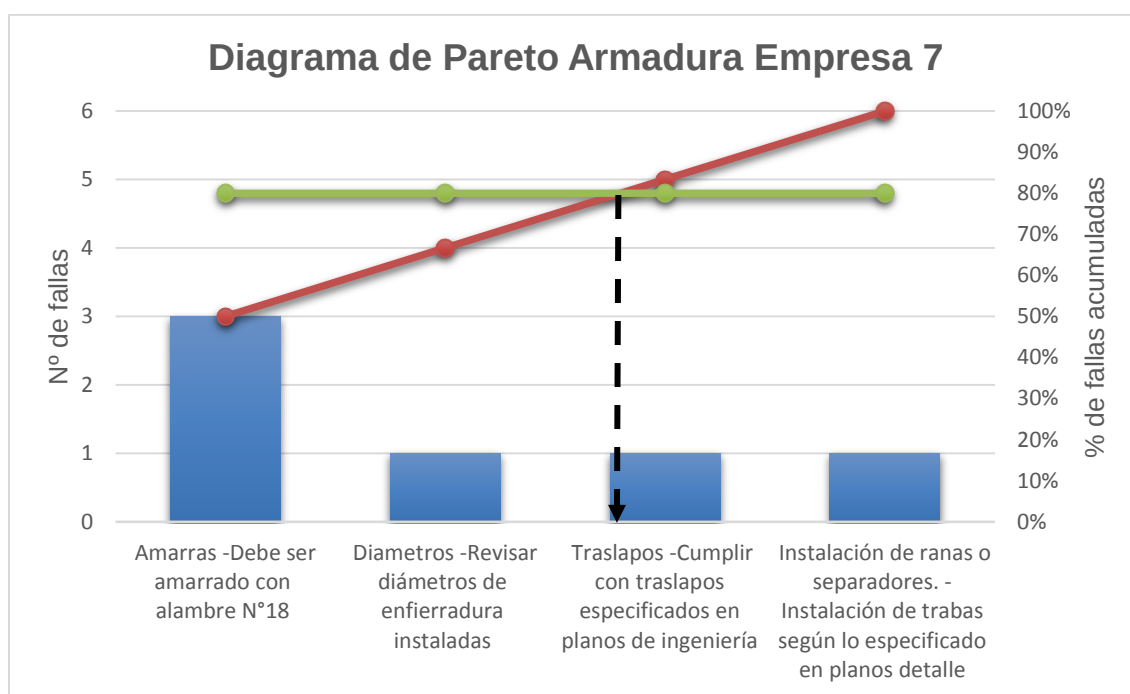


Figura 4-13. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 7
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.6 Empresa 9

En la Figura 4-14 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 9:

- Amarras-Hacia dentro del elemento
- Separadores de encofrado - Para sostener o separar las armaduras se utilizarán espaciadores metálicos, de mortero o plásticos. No podrán emplearse trozos de ladrillos, piedras o madera
- Diámetro, largo, geometría y disposición - Respetar diámetros, largos y disposición de las armaduras según planos de estructuras

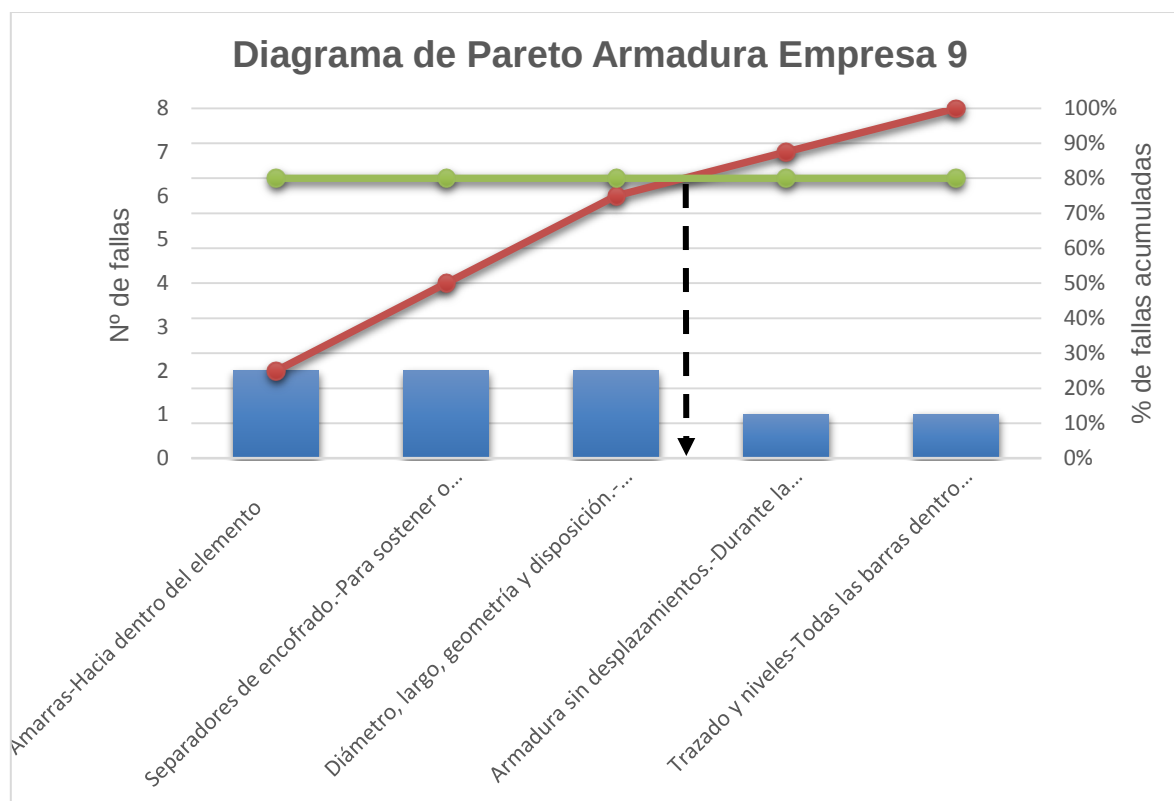


Figura 4-14. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 9
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.7 Empresa 11

En la Figura 4-15 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 11:

- Amarras
- Limpieza
- Trabas o separadores
- Recubrimiento (Calugas)

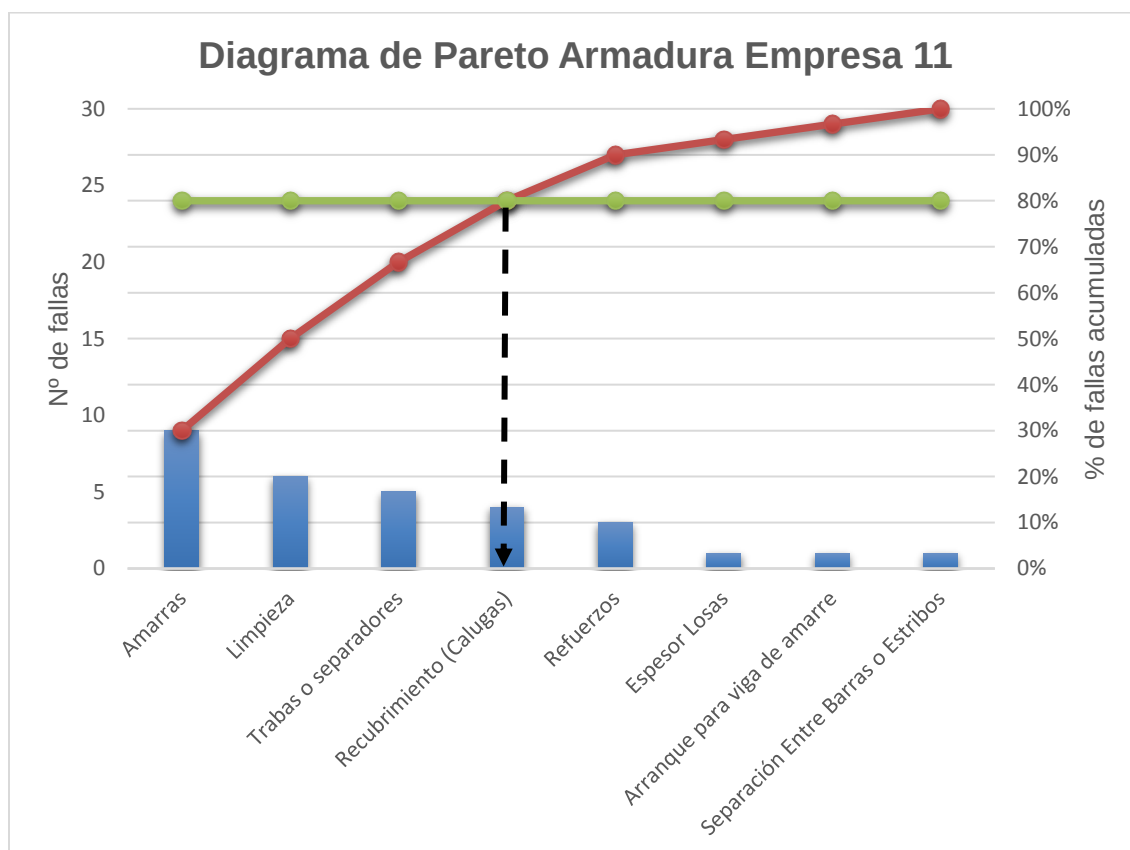


Figura 4-15. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 11
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.8 Empresa 12

En la Figura 4-16 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 12:

- Amarras (Inspección visual)
- Cantidad (Según planos)
- Limpieza y orden (Barras y sector de trabajo)
- Refuerzos (Según planos y EETT.)

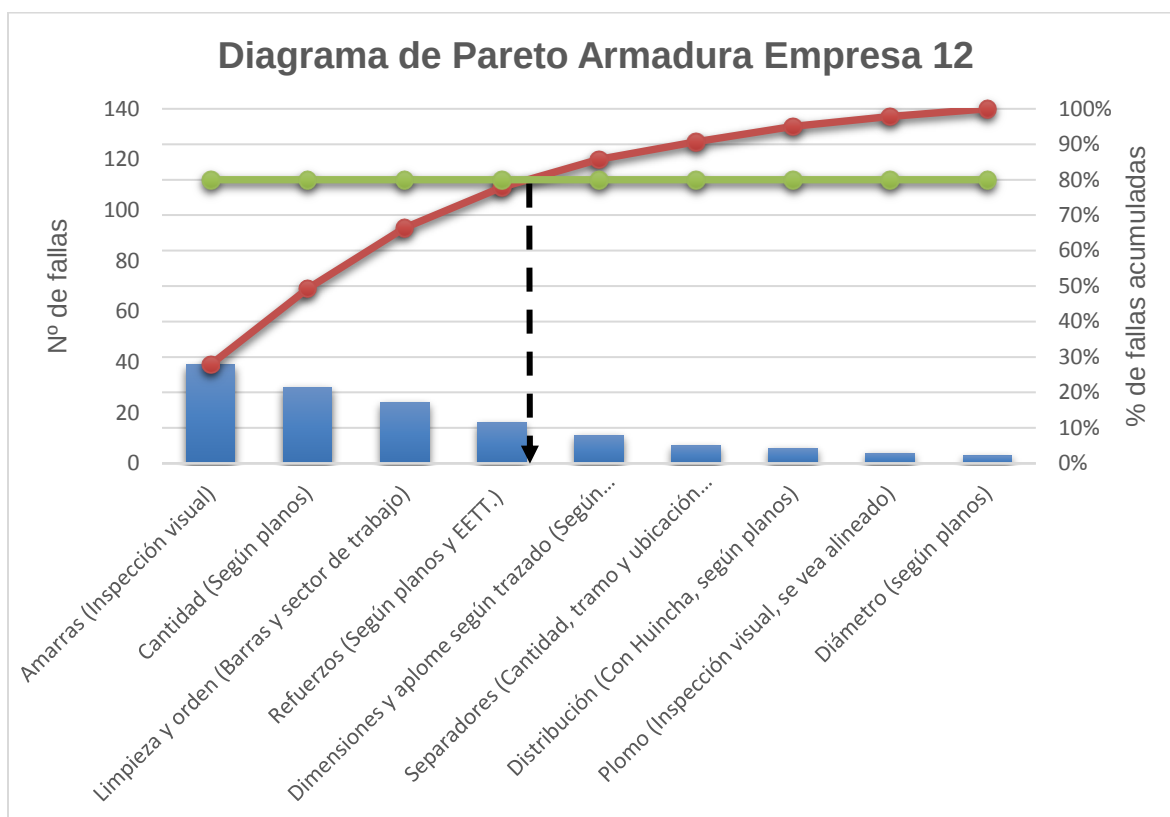


Figura 4-16. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 12
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.9 Empresa 13

En la Figura 4-17 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 13:

- Verifico Refuerzos en losa
- Arranque de pilares y muros colocados, plomo
- Verifico Correcto Tratamiento de Juntas
- Verifico Instalación patas 1un/m²-cada 30cm.min

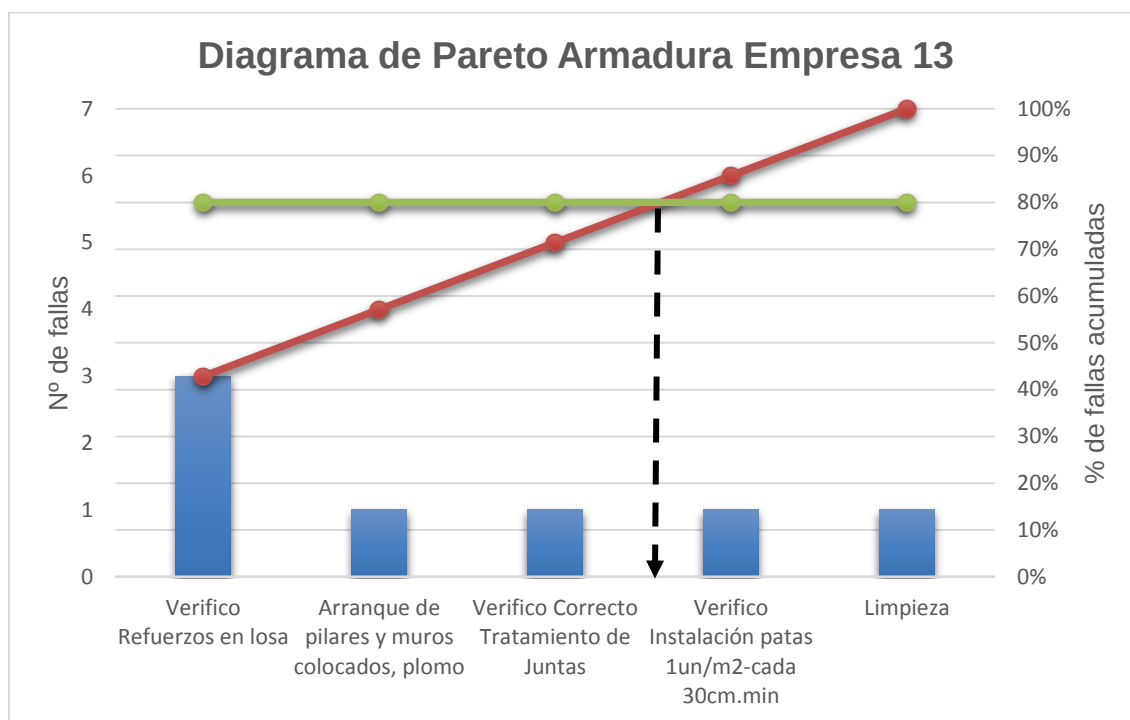


Figura 4-17. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 13
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.10 Empresa 14

En la Figura 4-18 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 14:

- Empalmes. EE.TT y Planos. Según indicado en plano PE 00. Todo el material
- Cantidad estribos. Planos. Según Planos. Todo el material
- Calugas. EE.TT. En Muros y Losas cada 5 cruces en ambos sentidos. Todo el material
- Repartición losa. EE.TT y Planos

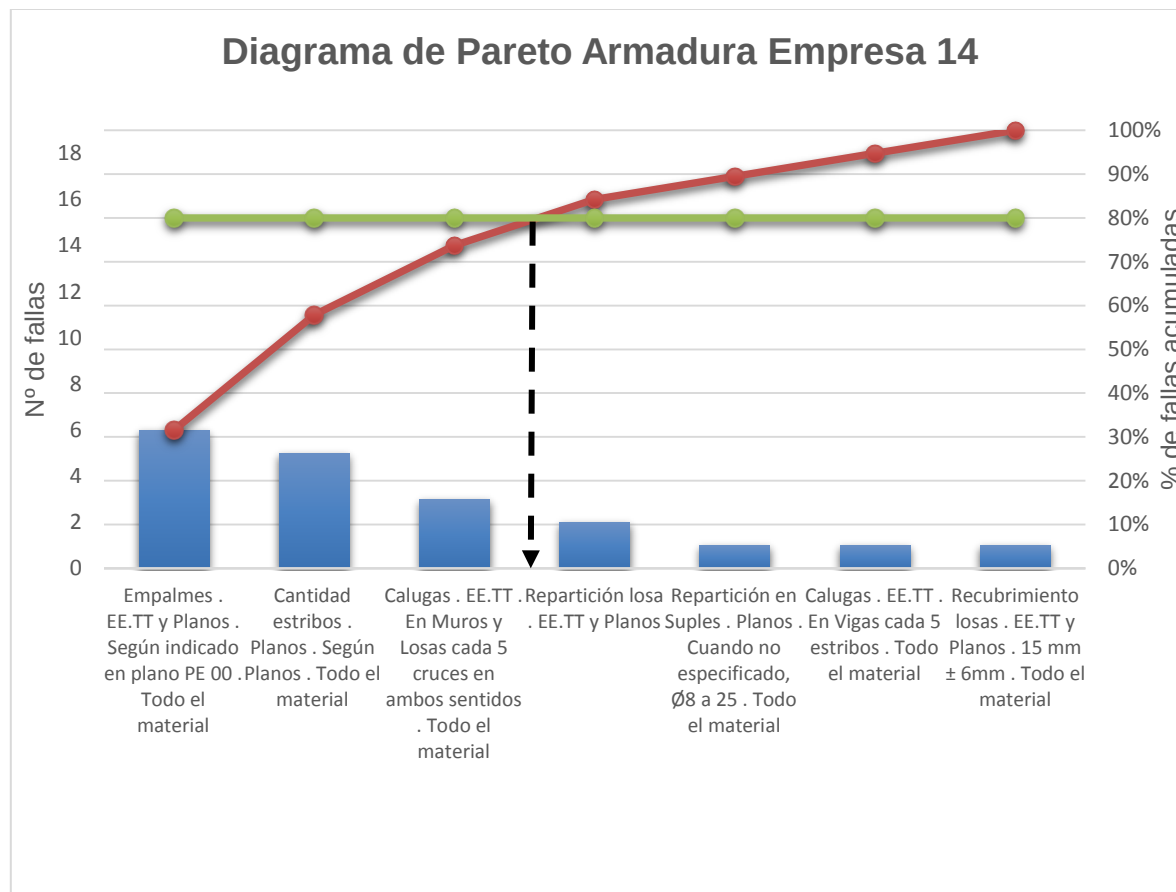


Figura 4-18. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 14
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.11 Empresa 15

En la Figura 4-19 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 15:

- Cantidad, diámetros y longitudes de barras de armaduras de acuerdo a proyecto de cálculo – Visual
- Cantidad y distribución de elementos de armadura - Visual - Huincha - Proy. Cálculo
- Amarre de elementos con alambre recocado negro N°18 - Inspección Visual
- Verificación de existencia y cantidad de separadores de elementos - Inspección Visual
- Longitud de elementos de armaduras (Máx.: ± 1 cm) - Visual - Huincha - Proy. Cálculo
- Elementos de afianzamiento de armaduras - Inspección Visual

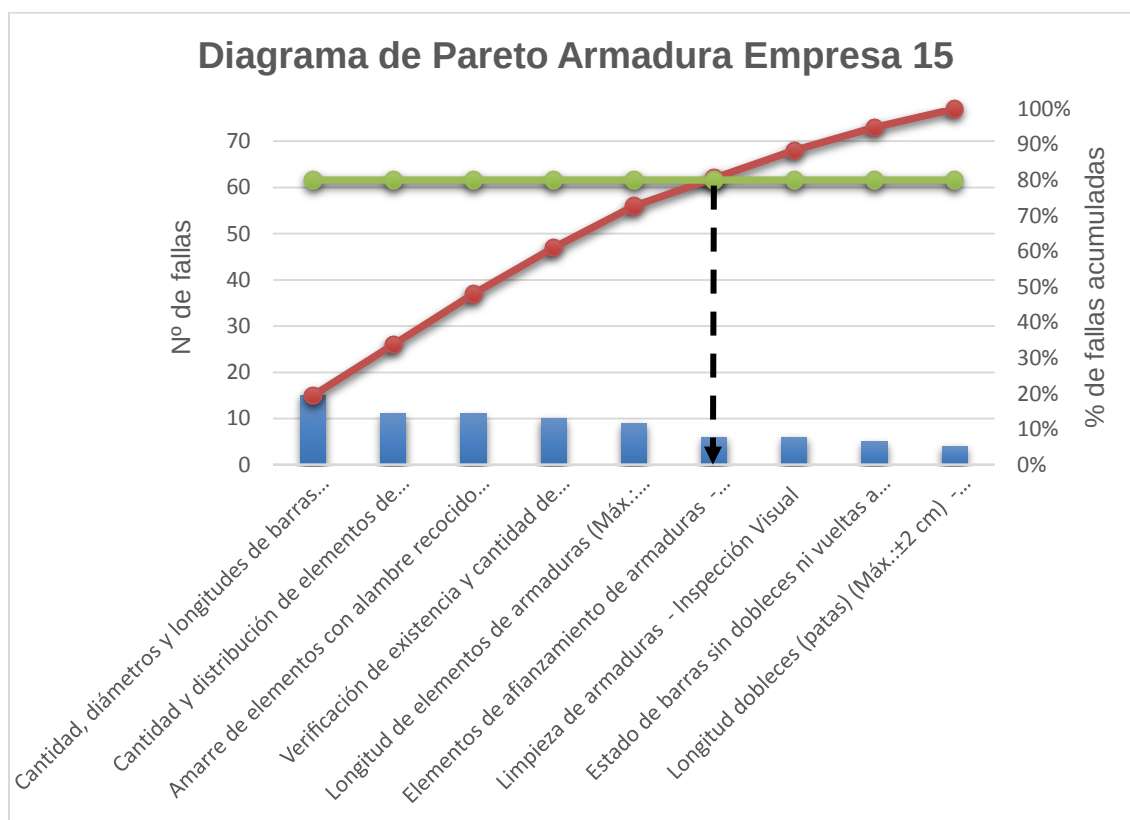


Figura 4-19. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 15
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.12 Empresa 18

En la Figura 4-20 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Armadura en la Empresa 18:

- Trabas, Amarras y Traslapos. (100 % SP/S.E.T.)
- Malla, Refuerzos, Cabezales o Estribos y traslapos. (100 % SP/S.E.T.)

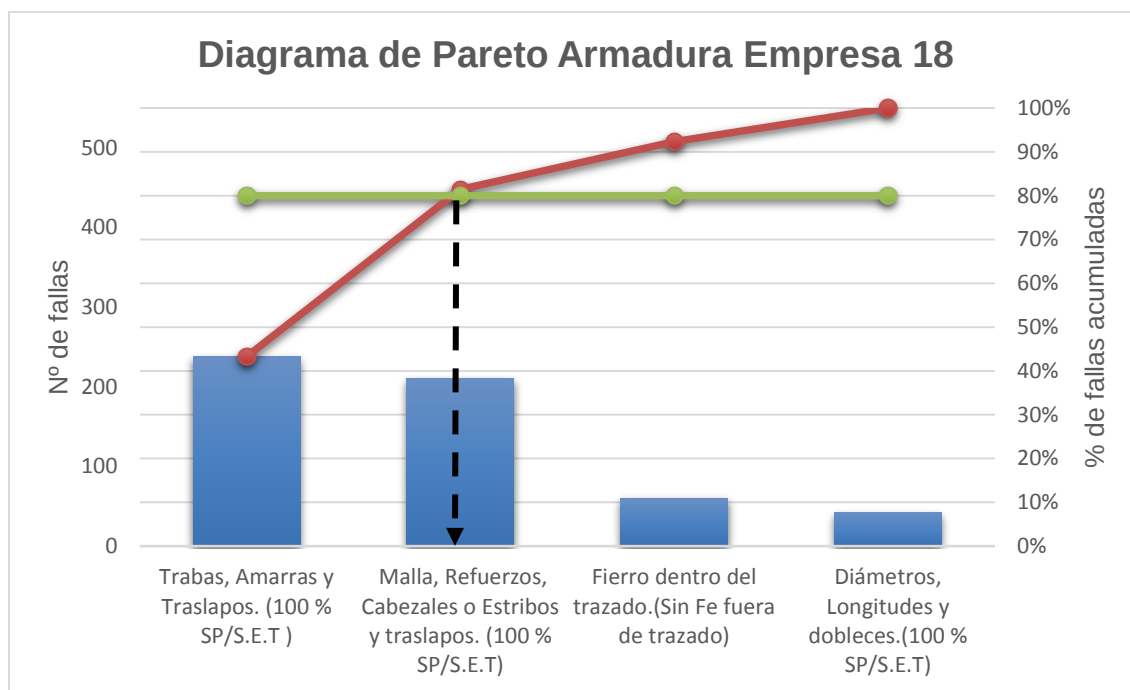


Figura 4-20. Diagrama de Pareto de Armadura Empresa 18

4.2.3 Hormigonado

En la Tabla 4-3 se presenta, para cada empresa, el rango de fechas para los datos almacenados de fallas. Adicionalmente se realiza un cálculo de cantidad de fallas por mes.

Tabla 4-3. Rango de fechas de datos de fallas para Hormigonado

	Fecha Inicial	Fecha Final	Meses	Fallas por mes
Empresa 1	29/08/2013	19/01/2015	16,9	0,8
Empresa 4	07/10/2015	16/05/2016	7,4	1,9
Empresa 9	21/04/2016	16/05/2016	0,8	33,8
Empresa 11	30/06/2015	14/05/2016	10,6	1,4
Empresa 12	13/01/2014	16/05/2016	28,5	1,4
Empresa 13	26/10/2015	16/05/2016	6,8	0,6
Empresa 15	12/06/2015	16/05/2016	11,3	2,5
Empresa 18	27/11/2014	16/05/2016	17,9	6,2

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.1 Empresa 1

En la Figura 4-21 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 1:

- Terminación superficial
- Tratamiento de juntas

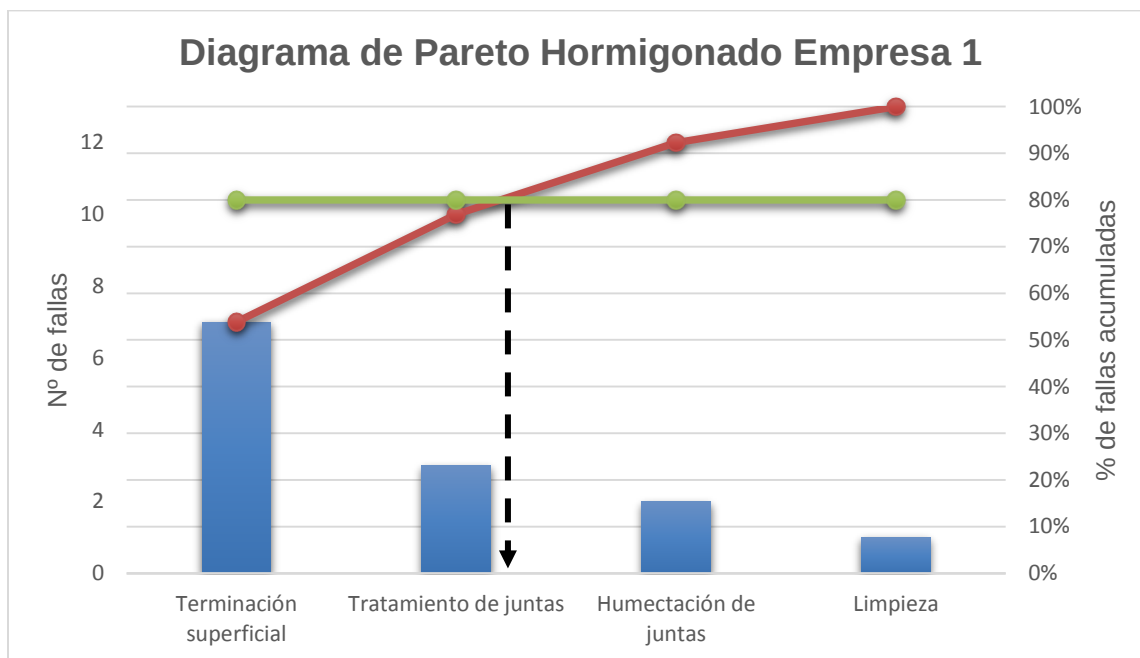


Figura 4-21. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 1
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2 Empresa 4

En la Figura 4-22 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 4:

- Curado Hormigón por 7 días
- Dentro de 48 horas. Limpiar lechada sobrante de hormigonado

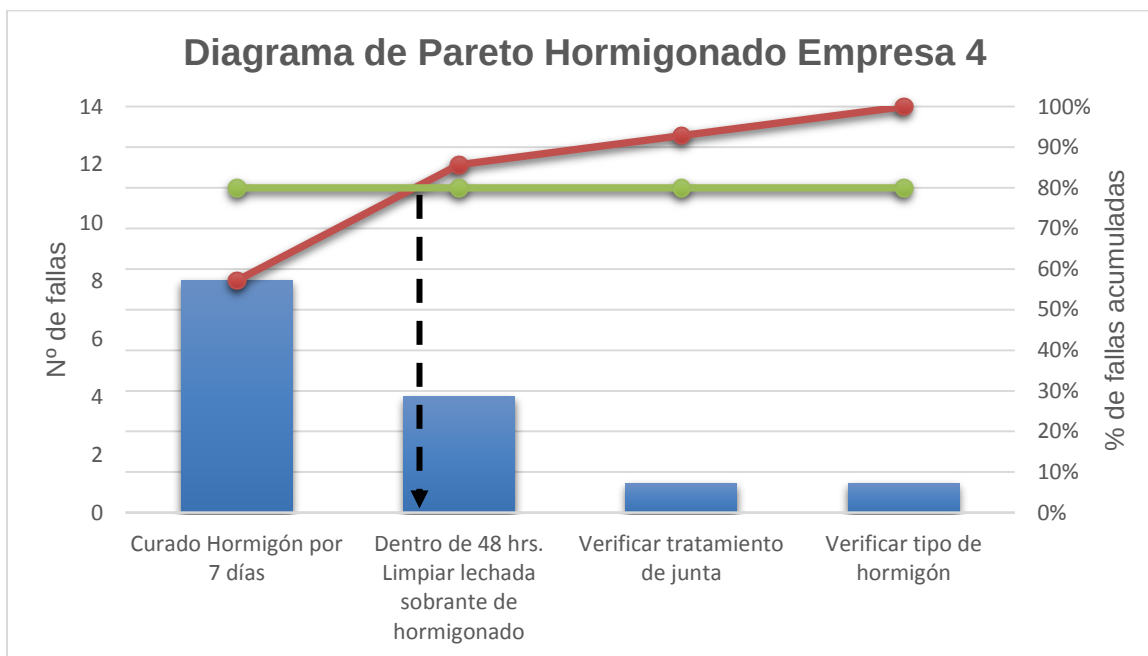


Figura 4-22. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 4
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.3 Empresa 9

En la Figura 4-23 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 9:

- Altura máxima de caída para vaciado de hormigón. Altura máxima de caída según asentamiento de cono 4 a 10 cm = 2
- Trabajabilidad del hormigón (cono abrams) - vigas

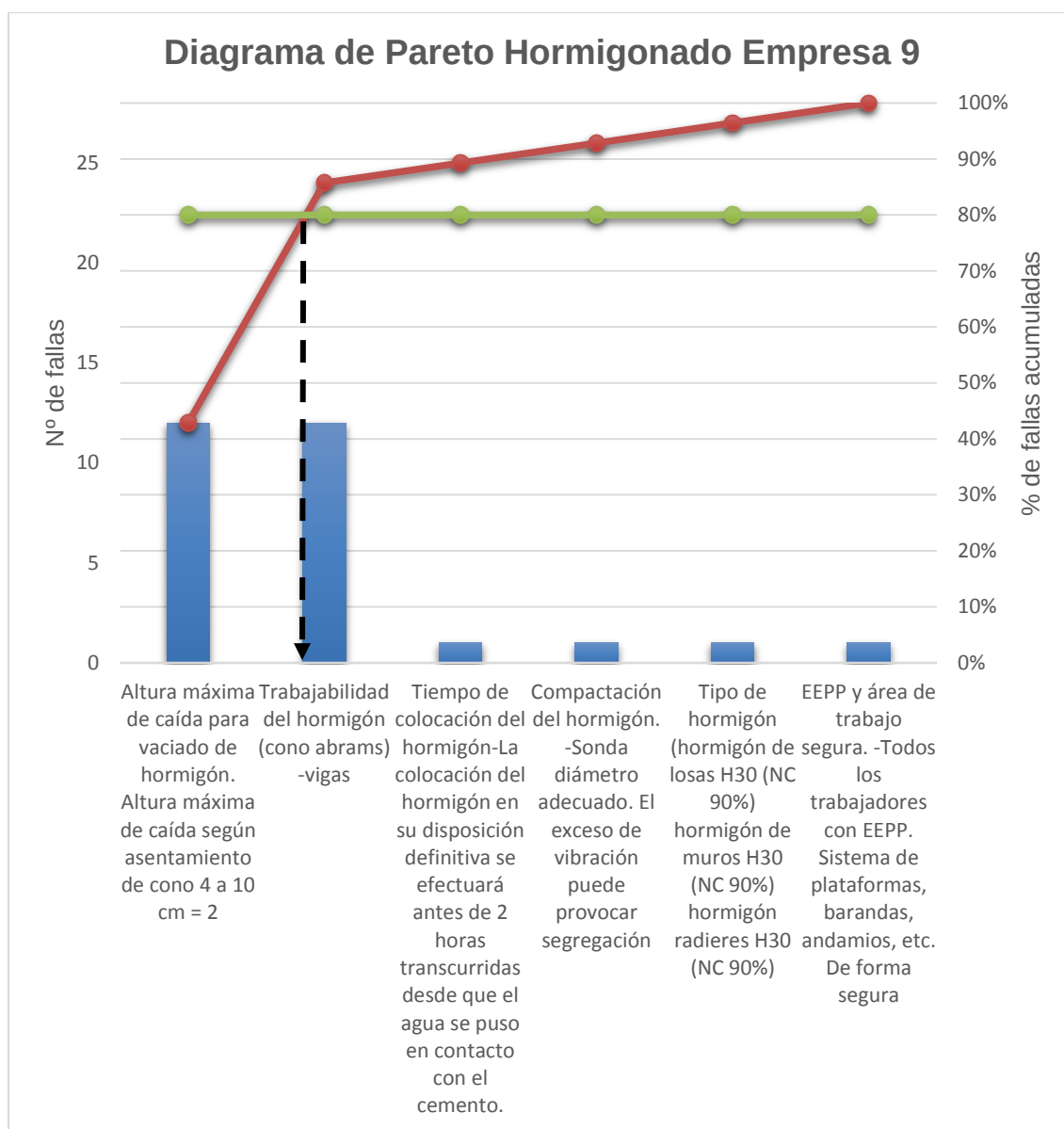


Figura 4-23. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 9
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.4 Empresa 11

En la Figura 4-24 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 11:

- Toma de muestra
- Tratamiento de juntas

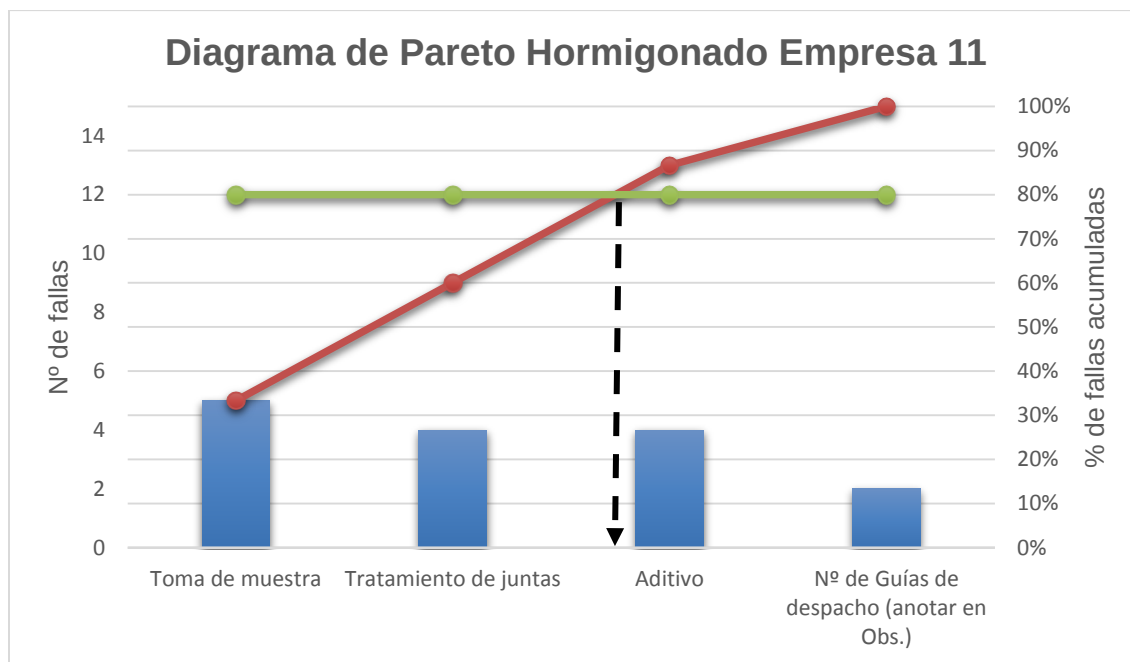


Figura 4-24. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 11
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.5 Empresa 12

En la Figura 4-25 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 12:

- Terminación superficial-Visual (Especificada para el elemento)
- Reflejo de armaduras-Visual (Inspección visual)
- Deformación del moldaje (Evidencia de movimiento)-Rango de aceptación $\leq 2\text{mm}$.
- Dimensiones y plomos (mal dimensionado)- Rango de aceptación $\leq 2\text{mm}$.
- Junta de hormigonado- Visual (Primera capa de hormigón)

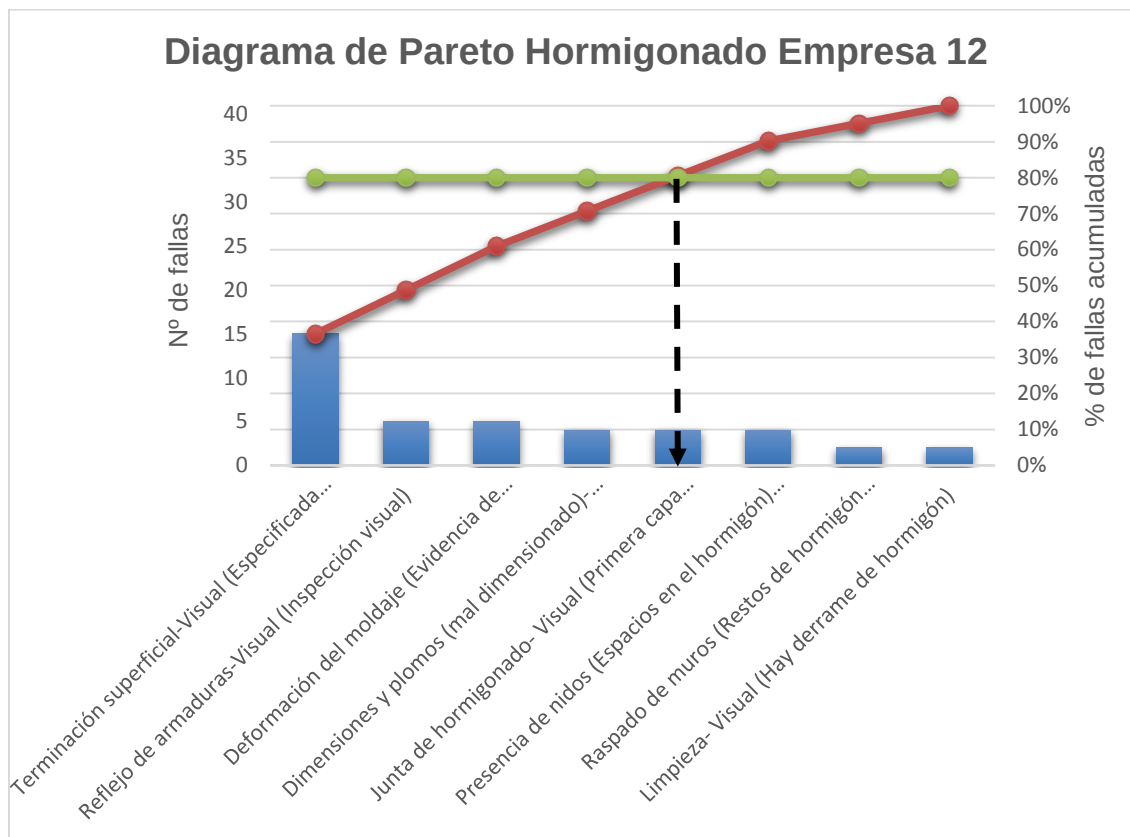


Figura 4-25. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 12
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.6 Empresa 13

En la Figura 4-26 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 13:

- Se instaló cinta de peligro en losa
- Verifico Cono= 3-9 (± 2 cm); Cono = 10 (± 3 cm)

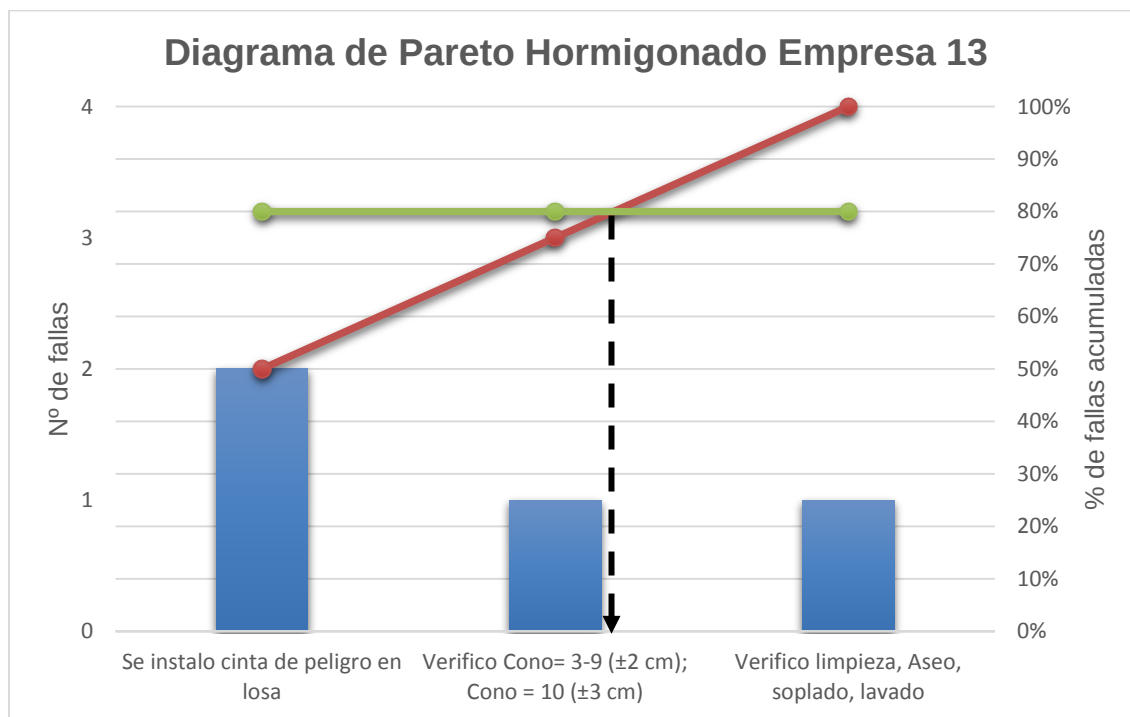


Figura 4-26. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 13
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.7 Empresa 15

En la Figura 4-27 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 15:

- Inexistencia de nidos u otros defectos. De existir, reparación de acuerdo a calculo
- ¿Aplica tomar muestra? -Plan de Inspección y Ensayos

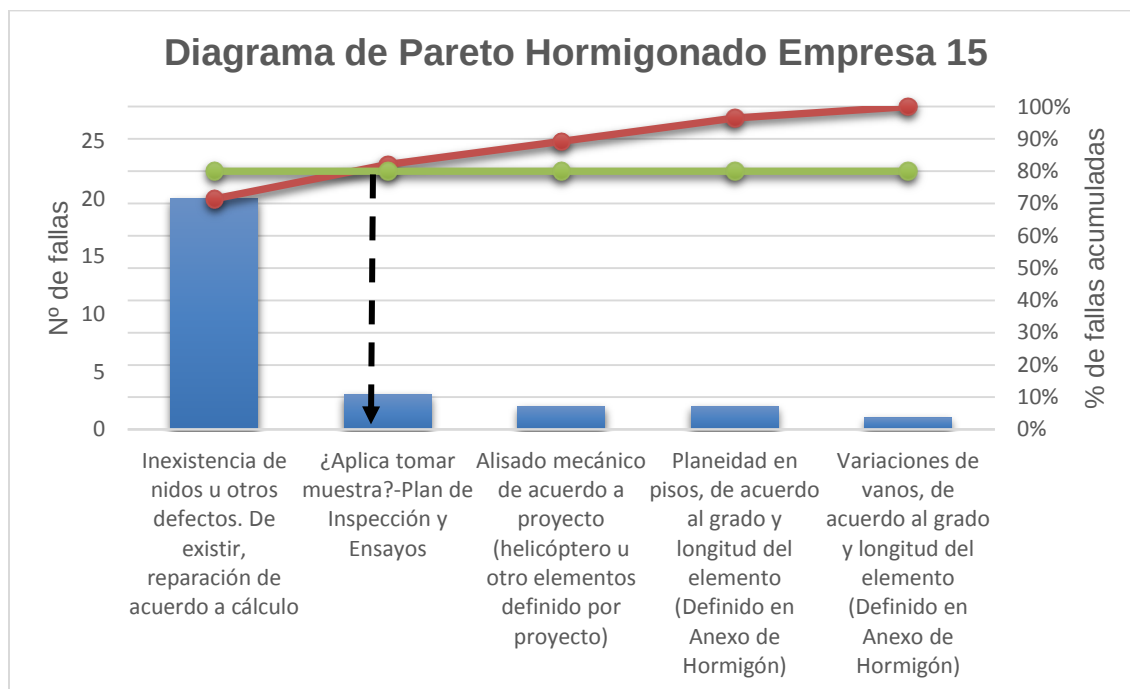


Figura 4-27. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 15
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.8 Empresa 18

En la Figura 4-28 se muestran los puntos de revisión más influyentes para la partida de Hormigonado en la Empresa 18:

- Nidos y Fierros a la vista (0 %)
- Niveles y Plomos. (5 mm)
- Limpieza de superficie y mojado superficial (100 % SP/SET)
- Insertos, Pernos de anclaje y calugas. (100 % SP/SET)

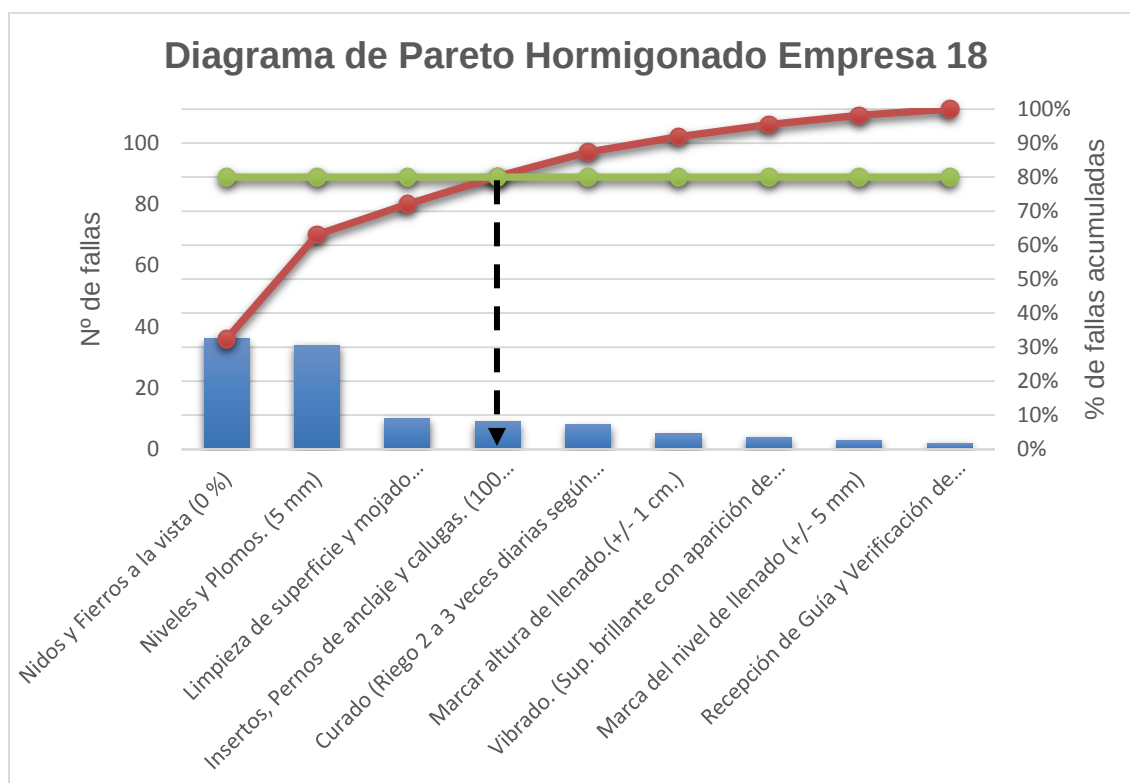


Figura 4-28. Diagrama de Pareto de Hormigonado Empresa 18
Fuente: Elaboración Propia

4.3 Datos de fallas según avance de construcción

Cómo estudio adicional, se realiza un análisis de la cantidad de fallas por empresa según su avance de construcción. Específicamente de acuerdo al avance en altura o avance en los pisos de las edificaciones.

A continuación, se presentan las Figuras 4-29, 4-30, 4-31, 4-32, 4-33, que muestran la cantidad de fallas por piso de edificación a lo largo de su avance. En cada gráfico se incluyen todas las fallas en suma de las tres partidas en estudio como Moldaje, Armadura y Hormigonado.

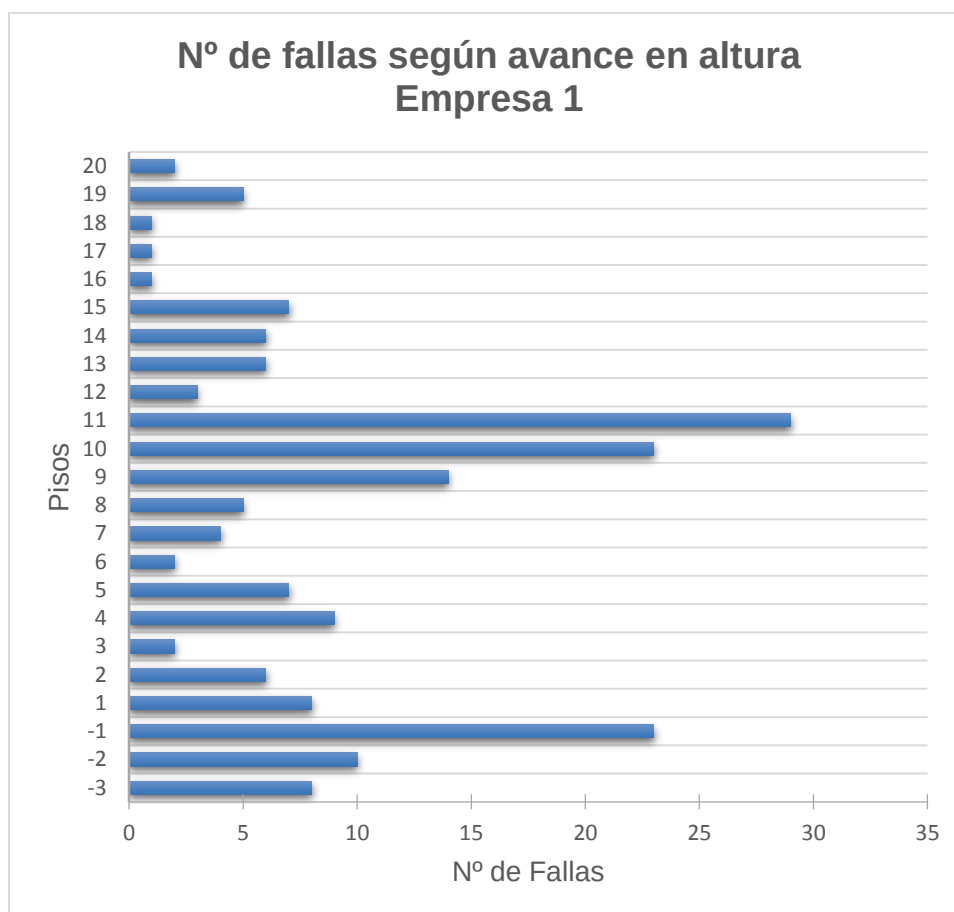


Figura 4-29. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 1
Fuente: Elaboración Propia

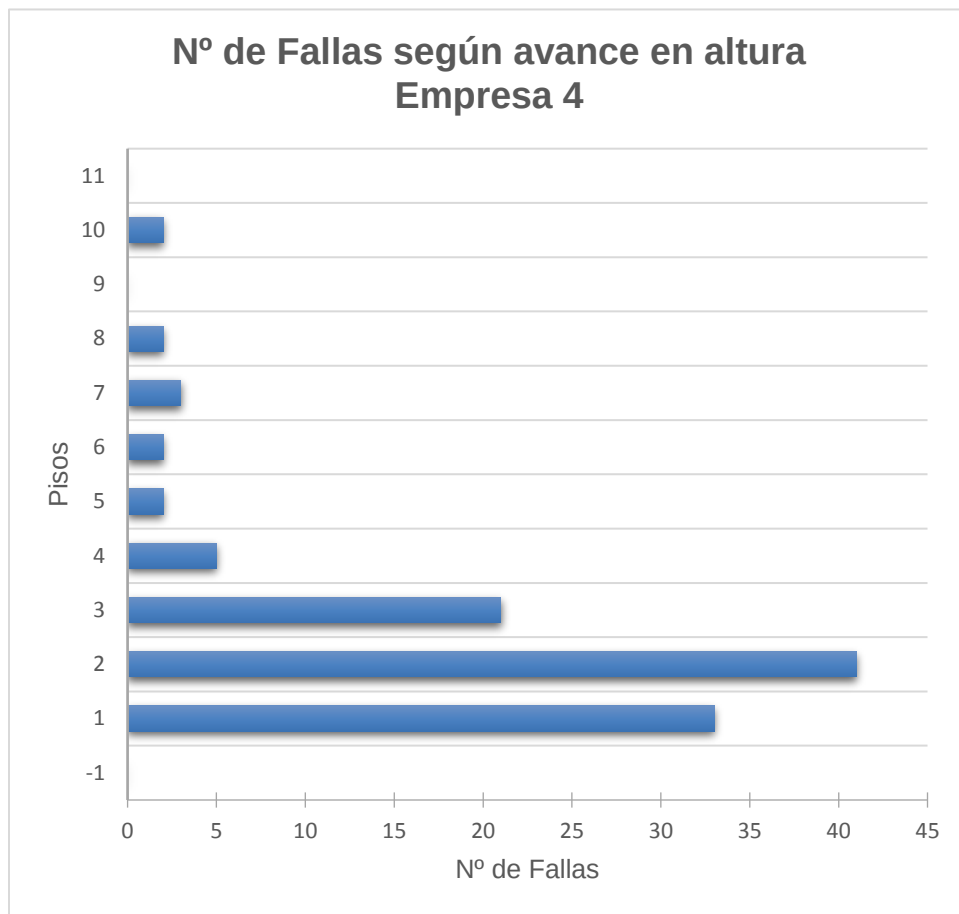


Figura 4-30. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 4
Fuente: Elaboración Propia

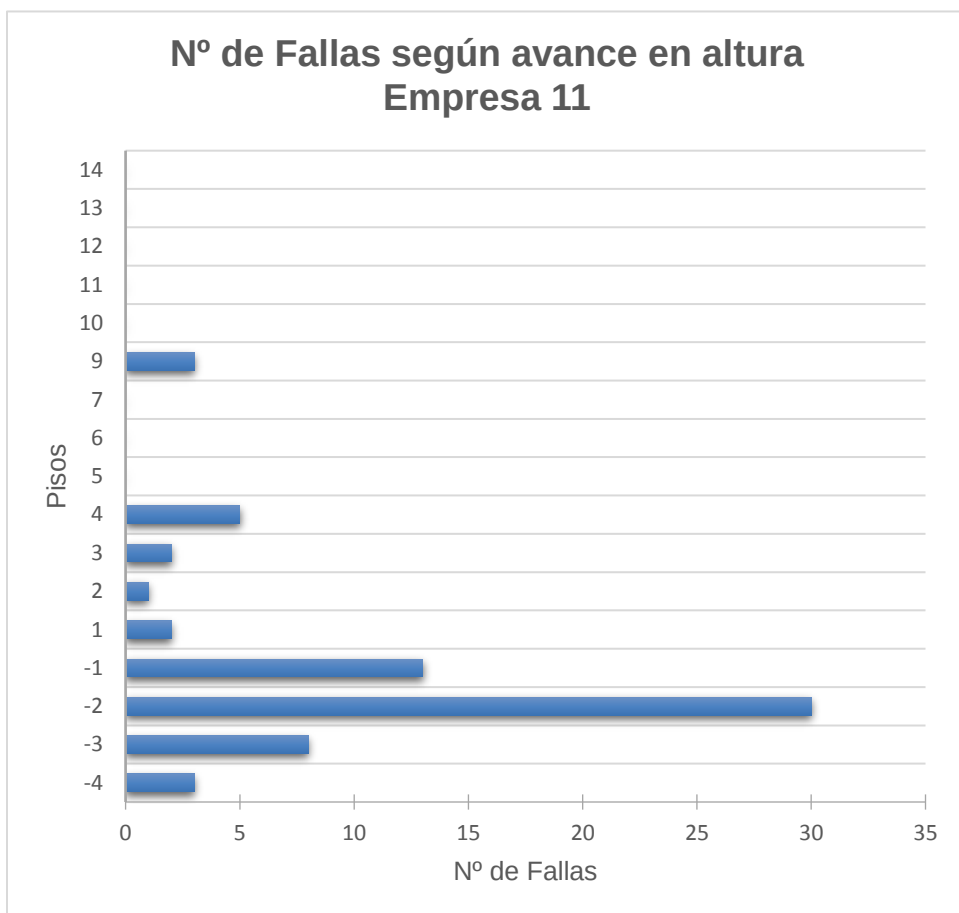


Figura 4-31. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 11
Fuente: Elaboración Propia

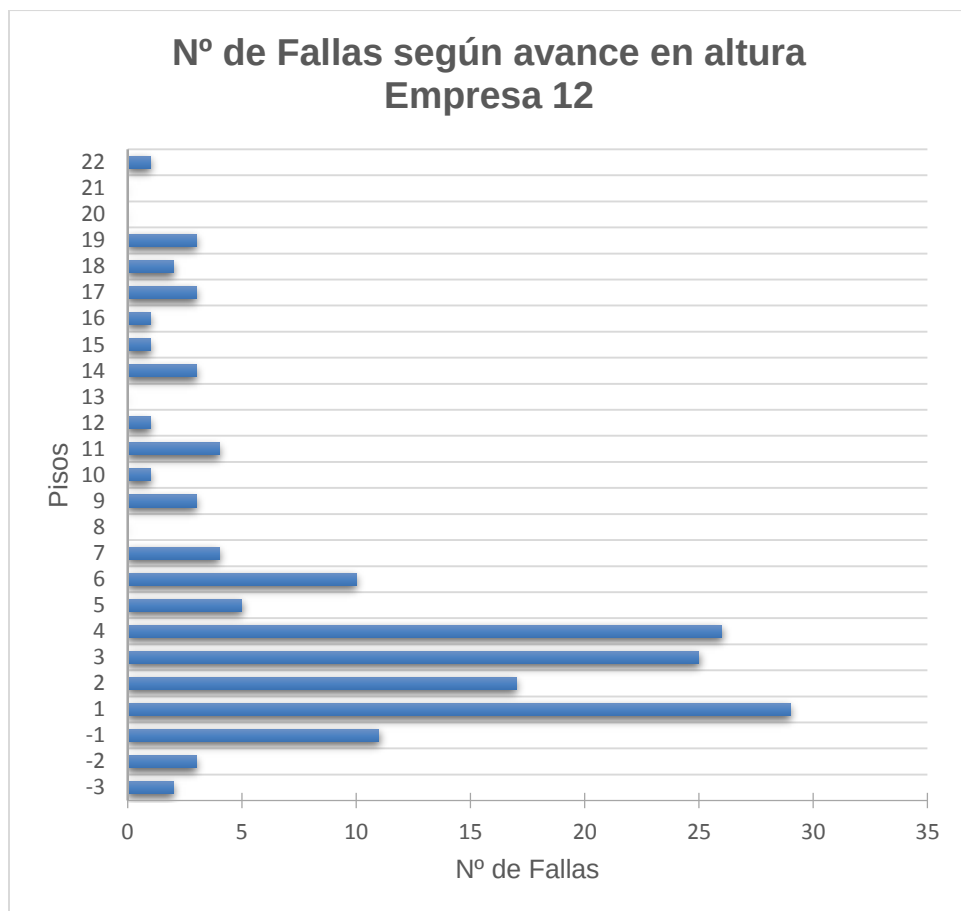


Figura 4-32. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 12
Fuente: Elaboración Propia

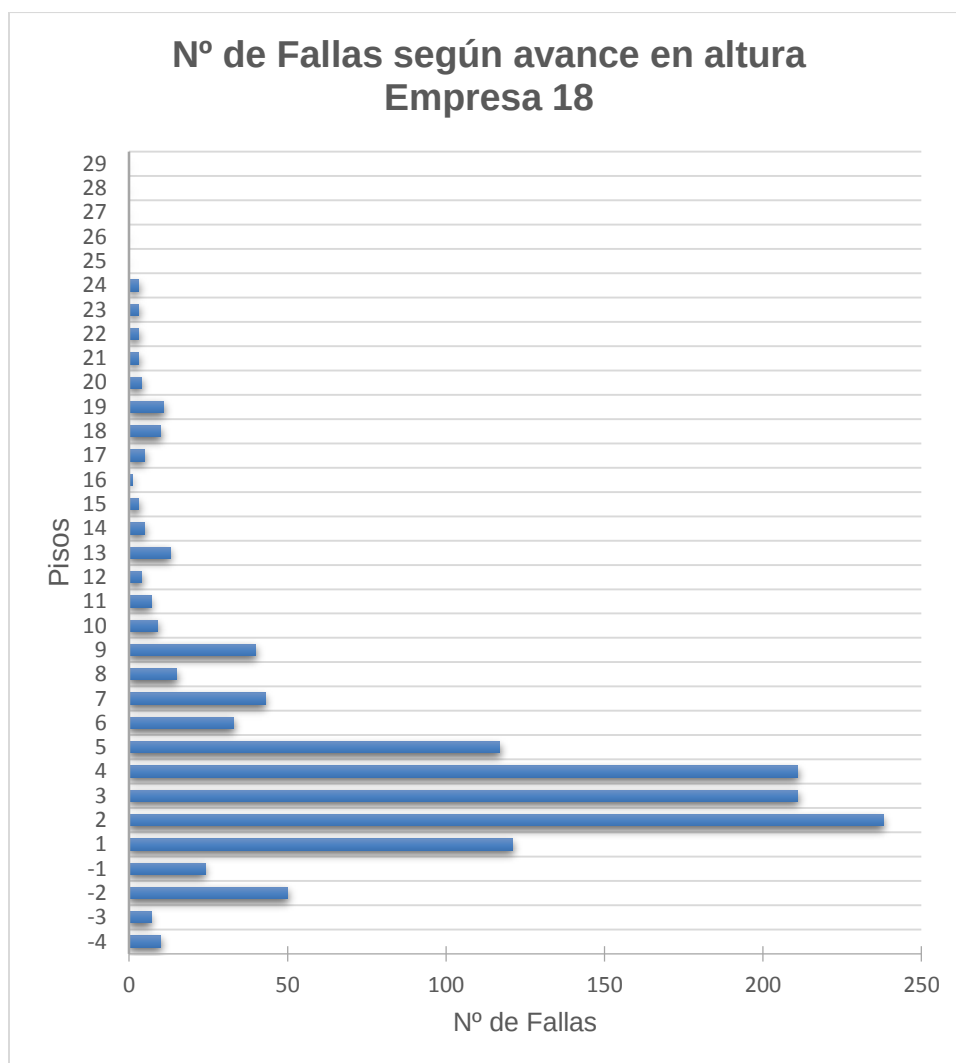


Figura 4-33. Cantidad de fallas según avance en altura Empresa 18
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los gráficos anteriores, y según la experiencia en terreno, se podría suponer que las fallas se concentran en los pisos inferiores de las edificaciones en altura. Esta hipótesis se basa en la suposición de que durante la construcción de un proyecto (principalmente en edificación habitacional en altura) se genera un aprendizaje, por parte de los trabajadores, a lo largo del avance en los niveles del edificio. Como se trata de una construcción repetitiva, generalmente con varios niveles como piso tipo, el personal de obra tiende a aprender y especializarse para llevar a cabo los procesos constructivos. Por lo tanto se van corrigiendo los errores que hayan surgido en pisos inferiores.

Es posible comprobar el planteamiento anterior, mediante una prueba de hipótesis para la proporción.

En adelante se presenta brevemente el planteamiento de la prueba de hipótesis para la proporción. Consiste en comprobar si en un grupo de datos se cumple cierta proporción entre ellos, según algún criterio definido.

Para lo que se quiere comprobar se define:

p = proporción de fallas de un edificio en los pisos de la primera mitad inferior.

Se quiere probar las hipótesis:

$$H_0: p \leq 0,5$$

$$H_1: p > 0,5$$

Es decir la hipótesis H_0 plantea que las fallas registradas en la construcción de un edificio son menor al 50% en la primera mitad de los pisos de la edificación. Y su contraparte, H_1 plantea que las fallas registradas en la construcción de un edificio son mayores al 50% en primera mitad de los pisos de la edificación. Ésta última es la se quiere probar según la hipótesis de que las fallas se concentran en los pisos inferiores de las edificaciones en altura.

Se rechaza H_0 si:

$$Z_{\text{prueba}} = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1 - p_0)}{n}}} > Z_{1-\alpha} \quad (4-1)$$

Donde:

Z_{prueba} = Estadístico de prueba

n = tamaño de la muestra

$\hat{p}$ = proporción muestral = $\frac{\text{n}^\circ \text{ de observaciones favorables}}{n}$

p_0 = proporción poblacional (proporción según la cual se quiere comprobar la hipotesis)

$Z_{1-\alpha}$ = valor estadístico según distribución normal

$Z_{1-\alpha} = 1,645$ (para un nivel de confianza del 95%)

A continuación se muestra en la Tabla 4-4, los valores del estadístico de prueba obtenidos para cada empresa:

Tabla 4-4. Resultados de estadístico de prueba para los datos de fallas de 5 empresas

Empresas	n	p_0	$\hat{p}$	Z_{prueba}	Conclusión
1	182	0,5	0,54	1,038	Se acepta H_0
4	111	0,5	0,92	8,827	Se Rechaza H_0 , Más fallas en pisos inferiores
11	67	0,5	0,96	7,452	Se Rechaza H_0 , Más fallas en pisos inferiores
12	155	0,5	0,88	9,398	Se Rechaza H_0 , Más fallas en pisos inferiores
18	1204	0,5	0,96	31,759	Se Rechaza H_0 , Más fallas en pisos inferiores

Los resultados de la prueba de hipótesis permiten concluir (según la base de datos disponible) que las fallas si se concentran en mayor medida en los pisos inferiores de las

edificaciones en altura. Por otra parte hay muchos factores que afectan la distribución de fallas a lo largo del avance de un edificio, por ejemplo, cantidad y calidad de mano de obra, disponibilidad de material, programación de la obra, imprevistos, etc.

5 ELABORACIÓN DE PROTOCOLOS DE CONTROL PRELEMINARES

Para la elaboración de los protocolos de control estándar, se considera la estructura propuesta por RyR Optimiza, la cual contempla organizar los puntos de revisión en la siguiente estructura:

- **Control Previo:** Son todas actividades, elementos y/o parámetros que se deben revisar y que tienen relación con requerimientos necesarios para que la ejecución de la partida correspondiente se pueda llevar a cabo de manera correcta.
- **Ejecución:** Son todas las actividades, elementos y/o parámetros que se deben revisar y que tienen relación con la realización misma de la partida. Son los puntos de revisión que toman más relevancia en el protocolo de control.
- **Recepción:** Son todas actividades, elementos y/o parámetros que se deben revisar al recepcionar la partida o sub partida. Estos puntos de revisión son importantes para las partidas posteriores.

Esta última indicación, aplica para los protocolos de control de las tres partidas de obra gruesa en estudio.

Como indicación importante, se señala que el orden constructivo para un elemento horizontal de obra gruesa es **Moldaje- Armadura-Hormigonado**. No obstante, en algunos casos la armadura se confecciona con anticipación al moldaje, para luego instalarla terminada en el lugar definitivo de colación.

La elaboración de los protocolos lleva consigo la consideración del orden de las actividades constructivas. Es decir, se plantean los puntos de revisión en la secuencia correcta del proceso constructivo.

5.1 Protocolo de Control preliminar Moldaje

La elaboración de la primera versión de un protocolo de control estándar, se basó por una parte en los protocolos existentes facilitados por Calidad Cloud y por otra parte se recurrió a la información presentada en el Manual de Moldajes de la Cámara Chilena de Construcción del año 2014 (presentado en el Capítulo 2: Marco Teórico)

El protocolo de control preliminar se elabora para Losas, Vigas y Capiteles por igual y se muestra en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Protocolo de control preliminar para Moldaje

Control previo	Concordancia con Empresas	% de Concordancia
1. TRAZADO (SEGÚN PLANOS)	2, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 18	53%
Ejecución		
2. VERTICALIDAD DE ALZAPRIMAS (INSPECCIÓN VISUAL)	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 ¹⁴ , 10, 11 ¹⁴ , 12, 13, 15, 16, 17 ¹⁴ , 18, 20 ¹⁴	71%
3. CANTIDAD DE ALZAPRIMAS (SEGÚN PLANOS)		
4. SEPARACION DE ALZAPRIMAS (SEGÚN PLANOS)		
5. TRIPODE DE ALZAPRIMAS (EXISTENCIA, INSPECCIÓN VISUAL)	-	-
6. APOYO Y FIJACIÓN VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS (CABEZALES) (INSPECCIÓN VISUAL)	3, 7, 13, 16	24%
7. SEPARACIÓN DE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS (CON HUINCHA)		
8. PRESENCIA DE FONDO DE VIGA Y LATERALES (PARA VIGAS); PRESENCIA DE PLACA Y REBALSES (PARA LOSAS) (INSPECCIÓN VISUAL)	2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 17, 18	53%
Recepción		
9. NIVELACIÓN FONDO DE VIGA (PARA VIGAS); PLACA (PARA LOSAS) (CON NIVEL)	4, 7, 12, 15, 16, 17	35%
10. ESTANQUEIDAD FONDO DE VIGA Y LATERALES (PARA VIGAS); PLACA Y REBALSES (PARA LOSAS) (INSPECCIÓN VISUAL)	2, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 15, 16, 17	59%
11. DESMOLDANTE EN FONDO DE VIGA Y LATERALES (PARA VIGAS); PLACA Y REBALSES (PARA LOSAS) (COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)	1, 4, 9, 10, 11, 14, 15, 16	47%

¹⁴ Estas empresas poseen un punto de revisión correspondiente a “Modulación según planos”, lo cual contempla todos los aspectos del armado de moldaje, considerando cantidad y distribución de alzaprimas.

5.2 Protocolo de Control preliminar Armadura

En la Tabla 5-2 se muestra el protocolo preliminar para Armadura.

Tabla 5-2. Protocolo de control preliminar para Armadura

Control previo	Concordancia con Empresas	% de Concordancia
1. TRAZADO (SEGÚN PLANOS)	2, 4, 7, 9, 10, 11, 16, 18, 20	50%
Ejecución		
2. DIAMETROS DE BARRAS (SEGÚN PLANOS)	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20	83%
3. CANTIDAD DE BARRAS (SEGÚN PLANOS)	2, 3, 4, 9 ¹⁸ , 10, 12, 15, 17, 20	50%
4. SEPARACION DE BARRAS (SEGÚN PLANOS)	2 ¹⁵ , 3 ¹⁶ , 4 ¹⁵ , 7 ¹⁷ , 9 ¹⁸ , 11, 12 ¹⁵ , 17 ¹⁵	44%
5. LONGITUD DE EMPALME (SEGÚN PLANOS)	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20.	89%
6. DIAMETRO DE ESTRIBOS (SEGÚN PLANOS)	1, 3, 9, 11, 14, 15, 18	39%
7. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS (SEGÚN PLANOS)		
8. UBICACIÓN TRABAS (SEGÚN PLANOS)	2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18,	56%
9. DIÁMETRO TRABAS (SEGÚN PLANOS)		
10. LONGITUD DE DOBLADO DE GANCHOS (4, 6 o 12 VECES EL DIÁMETRO SEGÚN CORRESPONDA)	3, 9, 15	17%
11. ÁNGULO DE DOBLADO DE GANCHOS (90 o 135 GRADOS SEGÚN CORRESPONDA)		
12. DIÁMETRO DE DOBLADO DE GANCHOS (¿SE OBSERVA DAÑO EN DOBLEZ?)		
Recepción		
13. CANTIDAD DE SEPARADORES (ENTRE 5 A 9 POR METRO CUADRADO)	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20	78%
14. TAMAÑO DE SEPARADORES (CUMPLIR RECUBRIMIENTO, SEGÚN PLANOS)		
15. AMARRAS (EN CRUCES DE BARRAS)	2, 4, 5, 7, 8, 9,11, 12, 13, 15, 16, 17, 18	72%

El protocolo de control de preliminar de Armadura se elabora para Losas, Vigas y Capiteles por igual.

¹⁵ En esta empresa se señala “distribución”, lo cual tiene relación con separación de las barras.

¹⁶ En esta empresa se señala “ubicación”, lo cual tiene relación con separación de las barras.

¹⁷ En esta empresa se señala “posición”, lo cual tiene relación con separación de las barras.

¹⁸ En esta empresa se señala “disposición”, lo cual tiene relación con cantidad y separación de las barras

5.3 Protocolo de Control preliminar Hormigonado

En la Tabla 5-3 se muestra el protocolo preliminar para Hormigonado.

Tabla 5-3. Protocolo de control preliminar para Hormigonado

Control previo	Concordancia con Empresas	% de Concordancia
1. TEMPERATURA AMBIENTE MAYOR A 5°C (SEGÚN NCH170, CONSULTAR CONDICIONES DEL TIEMPO)	8, 14	12%
2. TIPO DE HORMIGÓN (SEGÚN EETT)	4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 20	65%
3. TIEMPO DE TRANSPORTE DE HORMIGÓN (MENOR A 2 HORAS, SEGÚN NCH1934)	9, 14, 15	18%
4. ASENTAMIENTO DE CONO (SEGÚN EETT, ENTRE 4 Y 10 CM, SEGÚN NCH170)	5, 9, 10, 11, 13, 18, 20	41%
5. TEMPERATURA DEL HORMIGÓN MENOR QUE 35°C (CON TERMOMETRO AL MOMENTO DE MEDIR CONO, SEGÚN NCH170)	8	6%
6. LIMPIEZA PREVIO A HORMIGONADO (SOPLADOR Y/O HIDROLAVADORA) (INSPECCIÓN VISUAL)	1, 2, 3, 5, 13, 16, 18	41%
7. TRATAMIENTO DE JUNTA, PICADO SUPERFICIAL Y LAVADO (INSPECCIÓN VISUAL)	1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17,	71%
8. UBICACIÓN DE JUNTAS (A 1/4 DE LA LUZ PASADO EL APOYO Y EN 45 GRADOS, SEGÚN NCH170)	14	6%
Ejecución		
9. CAÍDA LIBRE DEL HORMIGÓN (MAX 2.5 METROS, SEGÚN NCH170, INSPECCIÓN VISUAL)	9, 13, 14, 16 ¹⁹	24%
10. COLOCACIÓN EN FORMA CONTINUA EN CAPAS HORIZONTALES (MAX 50 CM, SEGÚN NCH170, INSPECCIÓN VISUAL)	14, 15	12%
11. COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN- VIBRADO CON EQUIPOS, EVITANDO NIDOS DE PIEDRAS (INSPECCIÓN VISUAL)	1, 4, 5, 9, 14, 15, 16, 18	47%
Recepción		
12. SUPERFICIES LISAS (INSPECCIÓN VISUAL)	1, 2, 4, 5, 8, 10, 12, 13, 16, 17	59%
13. VERIFICAR UBICACIÓN DE JUNTAS (INSPECCIÓN VISUAL)	14	6%

¹⁹ En esta empresa se indica “vaciado de hormigón”, lo cual se interpreta como la revisión de la altura de caída libre del hormigón.

6 TOMA DE DATOS EN TERRENO

En este capítulo se presenta la segunda versión de los protocolos de control estándar y además se presenta la recolección de datos en terreno por parte propia y por parte de la constructora.

6.1 Protocolos de control segunda versión

Antes de las mediciones como tal en terreno, se realizaron observaciones a los procesos constructivos que se desarrollan en la obra, como también se revisó documentación de la obra, principalmente planos y especificaciones técnicas del proyecto.

Se toma la decisión de realizar una primera modificación a los protocolos de control preliminares para llevar a cabo las mediciones en terreno.

De la apreciación en terreno en cuanto a la revisión, se identificó que, para llevar un buen orden y organización de los protocolos de control es necesario tenerlos de forma individual con título distinto para cada elemento a controlar (Losas, Vigas, etc.) y no de forma conjunta en un solo protocolo con el mismo nombre de título, como se elaboraron en el capítulo 7. Esto porque en el contexto de la utilización de Calidad Cloud, se tienen un grupo de protocolos de control cargados en el sistema, listo para ser llenado en la revisión, por lo tanto, si los protocolos se llaman igual, se genera confusión al tener una lista de protocolos y todos con nombres idénticos.

Además de contar con protocolos con nombres distintos para los diferentes elementos también tendrán distinto contenido en cuanto a sus puntos de revisión dependiendo del caso.

6.1.1 Moldaje

6.1.1.1 Losas y Capiteles

En la Tabla 6-1 se presenta el protocolo de control de Losas y Capiteles por igual.

Tabla 6-1. Protocolo de control Moldaje de Losas y Capiteles (segunda versión)

Control previo	
1. TERRENO NIVELADO Y COMPACTADO; RADIER O LOSA DE APOYO PARA ALZAPRIMAS	(INSPECCIÓN VISUAL)
2. PLANOS DE MONTAJE VIGENTES Y APROBADOS	(CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA O PROFESIONAL DE TERRENO)
Ejecución	
3. CANTIDAD DE ALZAPRIMAS	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
4. SEPARACIÓN DE ALZAPRIMAS	(CON HUINCHA, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
5. TRIPODE DE ALZAPRIMAS, UBICACIÓN	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
6. BASE DE MADERA PARA ALZAPRIMAS SOBRE TERRENO NATURAL	(CUMPLIR DIMENSIONES DE BASE, SEGÚN EETT)
7. CABEZALES DE ALZAPRIMA	(BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
8. CANTIDAD DE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
9. SEPARACIÓN DE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	(CON HUINCHA, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
10. PLACA, REBALSE Y HUINCHAS DE SACRIFICIO	(PRESENCIA Y BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
11. INSTALACIÓN DE CARRERAS, BARANDAS Y RODAPIÉS	(PRESENCIA Y BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
Recepción	
12. NIVELACIÓN DE PLACAS SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO	(CONSULTAR A TRAZADOR)
13. ESTANQUEIDAD DE PLACAS Y REBALSES	(PLACAS JUNTAS SIN ESPACIOS EXCESIVOS, INSPECCIÓN VISUAL)
14. DESMOLDANTE Y LIMPIEZA EN PLACAS Y REBALSES	(COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)

El protocolo se presenta en forma conjunta para losas y capiteles ya que tienen una revisión idéntica en cuanto a moldaje ya que se arman como conjunto. Cabe señalar que un capitel no es otra cosa que una estructura adicional en que la losa aumenta su espesor en cierto sector, generalmente en la unión Columna (o Muro) – Losa.

En términos generales las modificaciones son las siguientes:

- Se agrega punto 1, ya que se observó en terreno la colocación de alzaprimas para la losa del cielo del 4º subterráneo. En esta situación las alzaprimas se colocaron sobre terreno natural, pero con la salvedad que este último fue compactado y nivelado.
- Se agrega punto 2, ya que la colocación y distribución de alzaprimas, vigas primarias y secundarias debe seguir la distribución establecida en los planos de montaje entregados por el proveedor de los equipos.
- En el punto 5 se agrega el parámetro “ubicación”, ya que no basta sólo con “existencia de alzaprimas”
- Se agrega el punto 6 indicando que las alzaprimas que se apoyen sobre terreno natural deben llevar una base de madera de dimensiones según las especificaciones técnicas de la especialidad de Cálculo.
- Se establece el punto 7 dando importancia revisar la existencia y buen estado de los cabezales de alzaprimas para que las vigas primarias tengan un buen apoyo.
- Se agrega punto 8 en relación al parámetro “cantidad” de vigas primarias y secundarias, ya que anteriormente se había considerado solo “separación”
- Se agrega el punto 10 dando importancia a revisar la existencia de Rebalses y Huinchas de Sacrificio (las cuales se explicarán más adelante).
- Se agrega el punto 11 dando importancia a la instalación de barandas en el perímetro del sector de losa en cuestión.
- Se establece el punto 12 referente a nivelación de placa. Esta última debe ser nivelada por el trazador con nivel topográfico según la información que indica el plano de cálculo correspondiente. La losa puede indicarse nivelada o con contraflecha.

Las Huinchas de Sacrificio son secciones de la placa de losa que tienen dimensión alargada y su colocación es alternada con las secciones de placa más anchas. Su función es servir de superficie de contacto entre la alzaprima y la losa para realizar el reapuntalamiento al momento de efectuar el desmolde y descimbre de losa. También se conocen como huinchas de reapuntalamiento.

El desmolde, descimbre y reapuntalamiento consiste básicamente en retirar la estructura de moldaje que cuenta con placas, alzaprimas, vigas primarias y secundarias. Todo esto se debe realizar después de haber instalado alzaprimas de reapuntalamiento en los sectores de las huinchas de sacrificio. Se debe entender que las huinchas de sacrificio es lo único que no se retira en el proceso de desmolde y descimbre, ya que servirá de superficie de contacto entre las alzaprimas de reapuntalamiento y la losa. En la Figura 6-1 esquematiza las huinchas de sacrificio en un moldaje de losas.

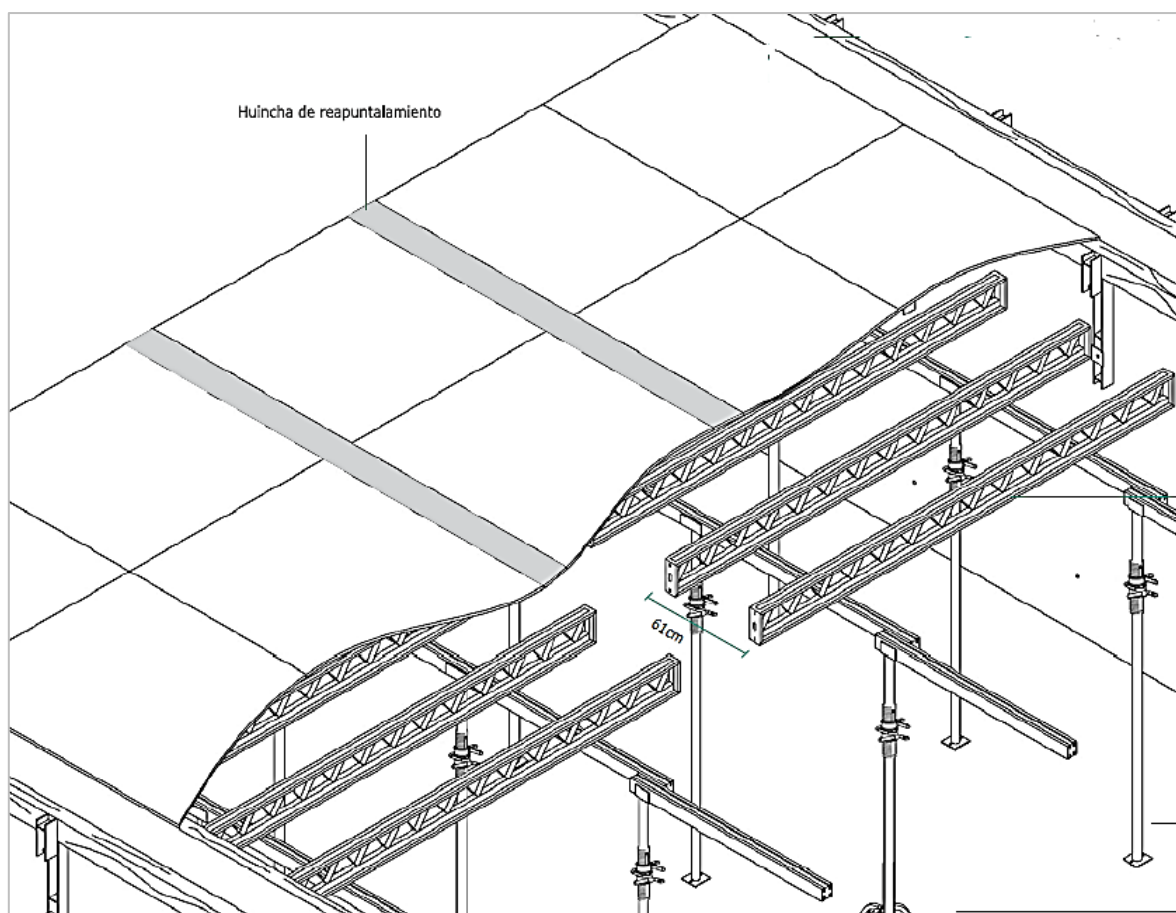


Figura 6-1. Huincha de sacrificio o reapuntalamiento en moldaje de losas.
Fuente: Catálogo Moldajes DOM.

Algunas imágenes en terreno de huinchas de sacrificio, descimbre de placas, reapuntalamiento, rebalses y barandas se muestran en el Anexo B.

6.1.1.2 Vigas

En la Tabla 6-2 se muestra el protocolo de control de Moldaje de Vigas (segunda versión)

Tabla 6-2. Protocolo de control Moldaje de Vigas (segunda versión)

Control previo	
1. TERRENO NIVELADO Y COMPACTADO; RADIER O LOSA DE APOYO PARA ALZAPRIMAS	(INSPECCIÓN VISUAL)
2. PLANOS DE MONTAJE VIGENTES Y APROBADOS	(CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA O PROFESIONAL DE TERRENO)
Ejecución	
3. CANTIDAD DE ALZAPRIMAS	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
4. SEPARACIÓN DE ALZAPRIMAS	(CON HUINCHA, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
5. TRIPODE DE ALZAPRIMAS, UBICACIÓN	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
6. BASE DE MADERA PARA ALZAPRIMAS SOBRE TERRENO NATURAL	(CUMPLIR DIMENSIONES DE BASE, SEGÚN EETT)
7. CABEZALES DE ALZAPRIMA	(BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
8. CANTIDAD DE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	(SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
9. SEPARACIÓN DE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	(CON HUINCHA, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
10. FONDO DE VIGA Y LATERALES	(PRESENCIA Y BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
11. INSTALACIÓN DE CARRERAS, BARANDAS Y RODAPIÉS	(PRESENCIA Y BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
Recepción	
12. NIVELACIÓN DE FONDO DE VIGA SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO	(CONSULTAR A TRAZADOR)
13. ESTANQUEIDAD DE FONDO DE VIGA Y LATERALES	(PLACAS JUNTAS SIN ESPACIOS EXCESIVOS, INSPECCIÓN VISUAL)
14. DESMOLDANTE Y LIMPIEZA EN FONDO DE VIGA Y LATERALES	(COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)

Los únicos puntos de revisión distintos entre Losas y Vigas son el 11, 13, 14 y 15.

En el Anexo C se muestran planos reales de montaje para moldaje.

6.1.2 Armadura

6.1.2.1 Losas

En la Tabla 6-3 se presentan el protocolo de control de armadura de losas (segunda versión).

Tabla 6-3. Protocolo de control Armadura de Losas (segunda versión)

Control previo	
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE LOSA TERMINADO	(INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA)
Ejecución	
2. MALLA INFERIOR, DIÁMETRO Y ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
3. MALLA SUPERIOR, DIAMETRO Y ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
4. LONGITUD DE EMPALMES	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
5. LONGITUD DE PATA O DOBLADO	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
Recepción	
6. SEPARADORES	(APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN)
7. AMARRAS	(EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)
8. PATAS	(APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCIÓN)

Con respecto a Losas, se hace una modificación importante respecto al protocolo preliminar, el cual tenía elementos más afines con la revisión de vigas.

A continuación, se presentan algunas observaciones:

- Se aprecia en terreno que en general, en cuanto a armadura, las losas poseen una malla inferior y una superior. Se debe revisar tanto el diámetro como el espaciamiento.
- Dependiendo de la extensión de la losa, en determinados casos existirán empalmes los cuales se deben revisar.
- Si hubiese dobleces de barras se debe revisar la longitud de doblado correspondiente.
- Se agrega el punto 1 referente a Control Previo, en donde se debe revisar si el moldaje correspondiente ya ha sido terminado.
- Se agrega el punto 8 referente a patas o sillas para soportar la armadura superior de losa

En la Figura 6-4 se presenta una foto de terreno que muestra las patas o sillas en armadura de losas.



Figura 6-4. Instalación de Patas o Sillas en Armadura de Losa.
Fuente: Fotografía propia.

6.1.2.2 Capiteles

En la Tabla 6-4 se presentan el protocolo de control de armadura de capiteles (segunda versión)

Tabla 6-4. Protocolo de control Armadura de Capiteles (segunda versión)

<u>Control previo</u>	
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE CAPITEL TERMINADO	<i>(INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA)</i>
<u>Ejecución</u>	
2. MALLA INFERIOR, DIÁMETRO Y ESPACIAMIENTO	<i>(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)</i>
3. MALLA SUPERIOR, DIÁMETRO Y ESPACIAMIENTO	<i>(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)</i>
4. LONGITUD DE PATA O DOBLADO	<i>(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)</i>
<u>Recepción</u>	
5. SEPARADORES	<i>(APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN)</i>
6. AMARRAS	<i>(EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)</i>
7. PATAS	<i>(APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCIÓN)</i>

Para capiteles, el protocolo de control es idéntico al de losas excepto porque no posee el punto de revisión de “Longitud de Empalmes”, ya que por el tamaño de un capitel es muy poco probable que se deba instalar armadura con empalme.

6.1.2.3 Vigas

En la Tabla 6-5 se presenta el protocolo de control de Armadura de Vigas (segunda versión).

Tabla 6-5. Protocolo de control Armadura de Vigas (segunda versión)

Control previo	
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE VIGA TERMINADO	(INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA)
Ejecución	
2. DIAMETROS DE BARRAS CAPAS EXTREMAS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
3. SEPARACIÓN DE BARRAS CAPAS EXTREMAS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
4. DIAMETROS DE BARRAS LATERALES	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
5. SEPARACIÓN DE BARRAS LATERALES	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
6. DIAMETRO DE ESTRIBOS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
7. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
8. DIÁMETRO TRABAS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
9. UBICACIÓN Y SEPARACIÓN TRABAS	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
10. LONGITUD DE DOBLADO DE GANCHOS	(4, 6 o 12 VECES EL DIÁMETRO SEGÚN CORRESPONDA)
11. ÁNGULO DE DOBLADO DE GANCHOS	(90, 135 O 180 GRADOS SEGÚN CORRESPONDA EN EETT)
12. DIÁMETROS DE DOBLADO	(¿SE OBSERVA DAÑO EN DOBLEZ?)
13. LONGITUD DE EMPALMES	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
Recepción	
14. SEPARADORES	(APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN)
15. AMARRAS	(EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)

A continuación, se presentan algunas observaciones:

- Se agrega el punto 1 referente a Control Previo, en donde se debe revisar si el moldeaje correspondiente ya ha sido terminado.
- Se agregan los puntos 4 y 5 referentes a las barras laterales de vigas.

A continuación, en la Figura 6-5 y 6-6 se muestra parte de un plano real de armadura de una viga, en donde se indican todos los elementos correspondientes. Se señalan las barras laterales indicadas en el protocolo de control.

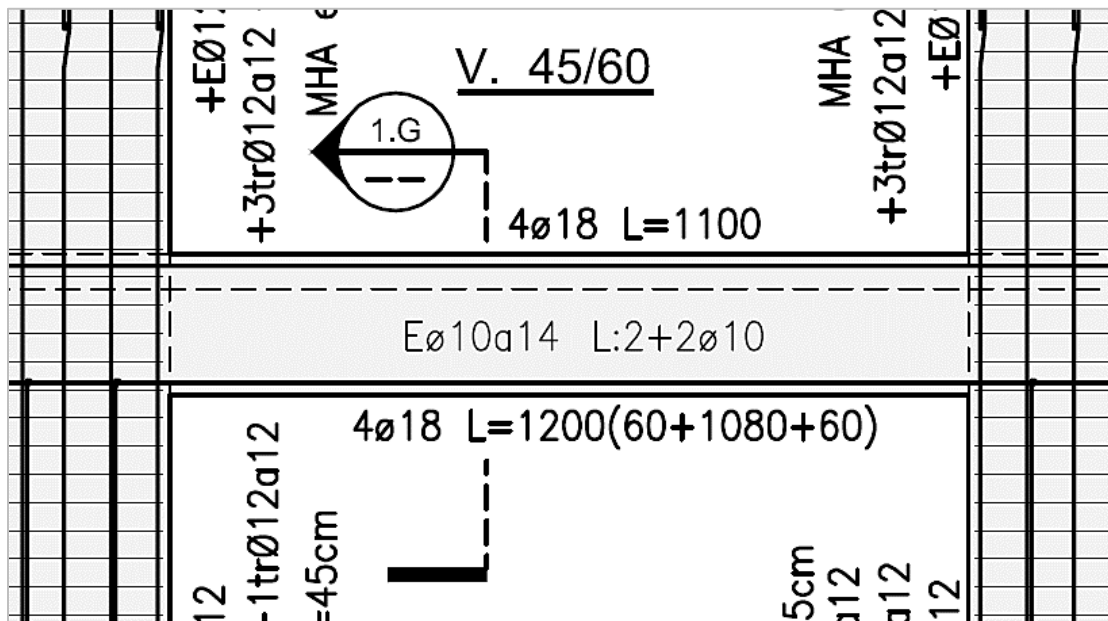


Figura 6-5. Plano de armadura de viga.
Fuente: Planos de cálculo proyecto de edificación.

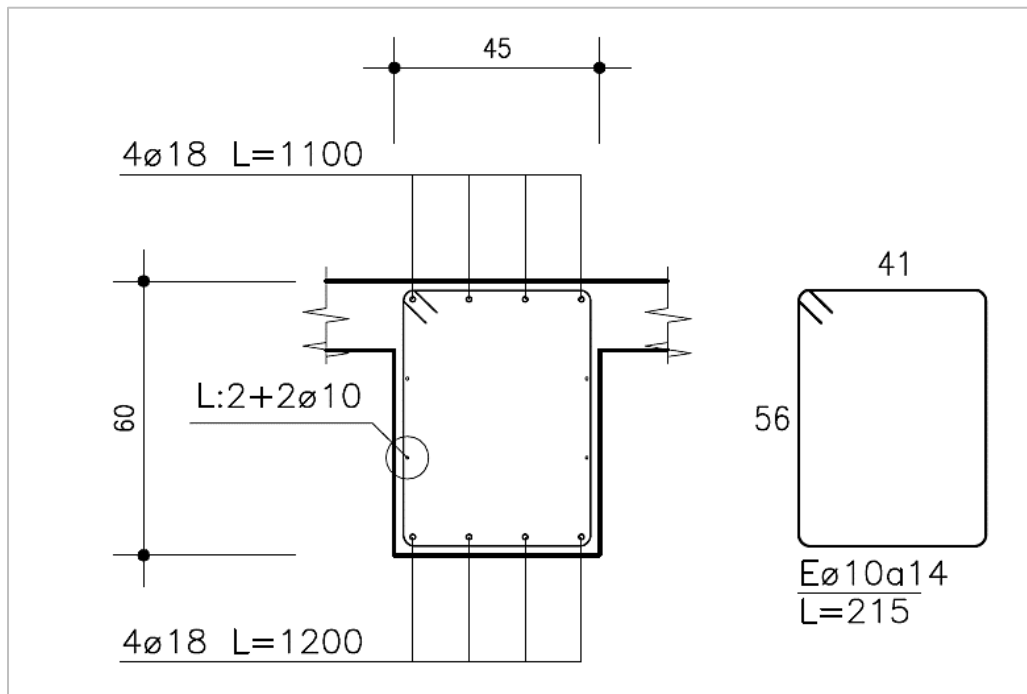


Figura 6-6. Plano de armadura de viga (corte).
Fuente: Planos de cálculo proyecto de edificación.

En el Anexo D se presentan planos reales de armadura de Losas, Vigas y Capiteles.

6.1.3 Hormigonado

Para la partida de hormigonado, a los tres tipos de elementos estructurales como Losas, Vigas y Capiteles, se les asigna el mismo protocolo de control, es decir, los mismos puntos de revisión. Excepto por los puntos 15 y 16 que son exclusivos de losa.

Cabe recordar lo indicado en la sección 8.1, que para la utilización de los protocolos de control y a pesar que sean idénticos en su contenido, se les debe asignar un título distinto correspondiente a cada elemento estructural a ser revisado. Con el objeto de facilitar la revisión a la persona encargada.

En la Figura 6-6 se presenta el protocolo de control de Hormigonado (segunda versión).

Tabla 6-6. Protocolo de control Hormigonado (segunda versión)

Control previo	
1.	VERIFICAR TEMPERATURA DEL DÍA ENTRE 5 Y 30 °C, Y SIN PRESENCIA DE LLUVIA (SEGÚN EETT)
2.	TIPO DE HORMIGÓN (SEGÚN EETT)
3.	TIEMPO DE TRANSPORTE DE HORMIGÓN (MENOR A 2 HORAS, SEGÚN NCH1934)
4.	TIEMPO DE COLOCACIÓN (MENOR A 30 MINUTOS, ENTRE LA DESCARGA DEL CAMIÓN Y EL LUGAR DE COLOCACIÓN, SEGÚN NCH 1934)
5.	ASENTAMIENTO DE CONO (SEGÚN EETT CON TOLERANCIA +2 O +3 CM SEGÚN CONO)
6.	TEMPERATURA DE HORMIGÓN MENOR A 35 ° C (CON TERMOMETRO AL MOMENTO DE MEDIR EL CONO)
7.	LIMPIEZA PREVIO A HORMIGONADO (SOPLADOR Y/O HIDROLAVADORA) (INSPECCIÓN VISUAL)
8.	RECEPCIÓN CONFORME DE ARMADURA (INSPECCIÓN VISUAL)
9.	RECEPCIÓN CONFORME DE INSTALACIONES (INSPECCIÓN VISUAL)
10.	TRATAMIENTO DE JUNTA, PICADO SUPERFICIAL Y LAVADO (INSPECCIÓN VISUAL)
Ejecución	
11.	CAÍDA LIBRE DEL HORMIGÓN (MAX 2.5 METROS, INSPECCIÓN VISUAL)
12.	COLOCACIÓN EN FORMA CONTINUA EN CAPAS HORIZONTALES (MAX 50 CM, INSPECCIÓN VISUAL)
13.	COLOCACIÓN. COMENZAR DESDE EL CENTRO AVANZANDO SIMULTANEAMENTE HACIA EXTREMOS (INSPECCIÓN VISUAL)
14.	COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN- VIBRADO CON EQUIPOS (INSPECCIÓN VISUAL, NO TOCAR ENFIERRADURA CON VIBRADOR)
15.	PLATACHADO Y APLICACIÓN DE HELICOPTERO O CERCHA (INSPECCIÓN VISUAL)
16.	CUMPLIR CON ESPESOR DE LOSA (INSPECCIÓN VISUAL)
17.	UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE JUNTAS (A 1/4 DE LA LUZ PASADO EL APOYO Y EN 45 GRADOS O SEGÚN EETT, HUINCHA)
Recepción	
18.	SUPERFICIES LISAS (INSPECCIÓN VISUAL)
19.	INSPECCIÓN DE NIDOS Y FIERROS A LA VISTA (INSPECCIÓN VISUAL, IDENTIFICAR Y NOTIFICAR A PROFESIONAL DE OBRA)
20.	VERIFICAR UBICACIÓN DE JUNTAS (INSPECCIÓN VISUAL)

A continuación, algunas observaciones:

- En el punto 1 se limita también la temperatura máxima del ambiente, como también la presencia de lluvia. Esta información se consultó en las especificaciones técnicas del proyecto de cálculo y se decidió incorporarla en el protocolo.
- Se agrega el punto 4 referente al tiempo de colocación, y corresponde al tiempo entre la descarga del camión mezclador y el lugar de colocación definitiva el hormigón.
- Se agregan los puntos 8 y 9 referentes a revisar si las armaduras e instalaciones están terminadas antes de iniciar la actividad de hormigonado.
- Se agrega el punto 13 para revisar el modo de colocación y esparcimiento del hormigón. Este requerimiento se consultó en las especificaciones técnicas del proyecto de cálculo.
- Se agrega el punto 15 referente a utilizar los equipos que realizan la terminación superficial del hormigón de losa.
- Se agrega el punto 16 referente a revisar que la losa quede con el espesor especificado en los planos.
- Se agrega el punto 19 referente a inspeccionar nidos y fierros a la vista. Se detectó en terreno que es un punto fundamental en la terminación del hormigón.

6.2 Datos Obtenidos

Para realizar la toma de datos en terreno como también, utilizar y probar los protocolos de control estándar, se realizaron visitas a una obra de edificación.

La obra visitada corresponde a una obra de edificación habitacional en altura ubicada en la comuna de Ñuñoa. Dicha obra corresponde a una de las empresas que trabaja con Calidad Cloud. El proyecto tiene por nombre “Edificio Bustamante” de la Constructora Almagro.

La obra tiene las siguientes características:

- 22 pisos con una altura máxima de 58 metros
- 4 subterráneos con una profundidad aproximada de fundaciones de 14 metros (medido desde la cota cero del proyecto)
- Superficie aproximada de excavación y subterráneo tipo de 1900 m²
- Superficie aproximada de piso tipo de 724 m²

En el periodo de medición, la obra se encuentra en su etapa de obra gruesa. Específicamente en los muros, pilares, losas y vigas del cielo del 4º subterráneo. El tiempo de medición efectiva fue entre las fechas 16/11/2016 y 02/12/2016

A continuación, se presentan los datos recopilados en terreno. Por una parte, se exponen los datos medidos por parte propia, y por otra, las mediciones de la constructora.

Los resultados se presentan en gráficos tipo barra apilada en donde se presentan los datos de “Cumple”, “Falla” y “No aplica” de cada punto de control. Este gráfico es muy utilizado por Calidad Cloud y lo llaman “Termómetro de Obra”. También se presentan gráficos circulares que muestran solo las fallas en términos porcentuales entre ellas mismas.

6.2.1 Mediciones Propias

6.2.1.1 Moldaje

En la Figura 6-7 se presentan los datos de terreno para moldaje de capiteles.

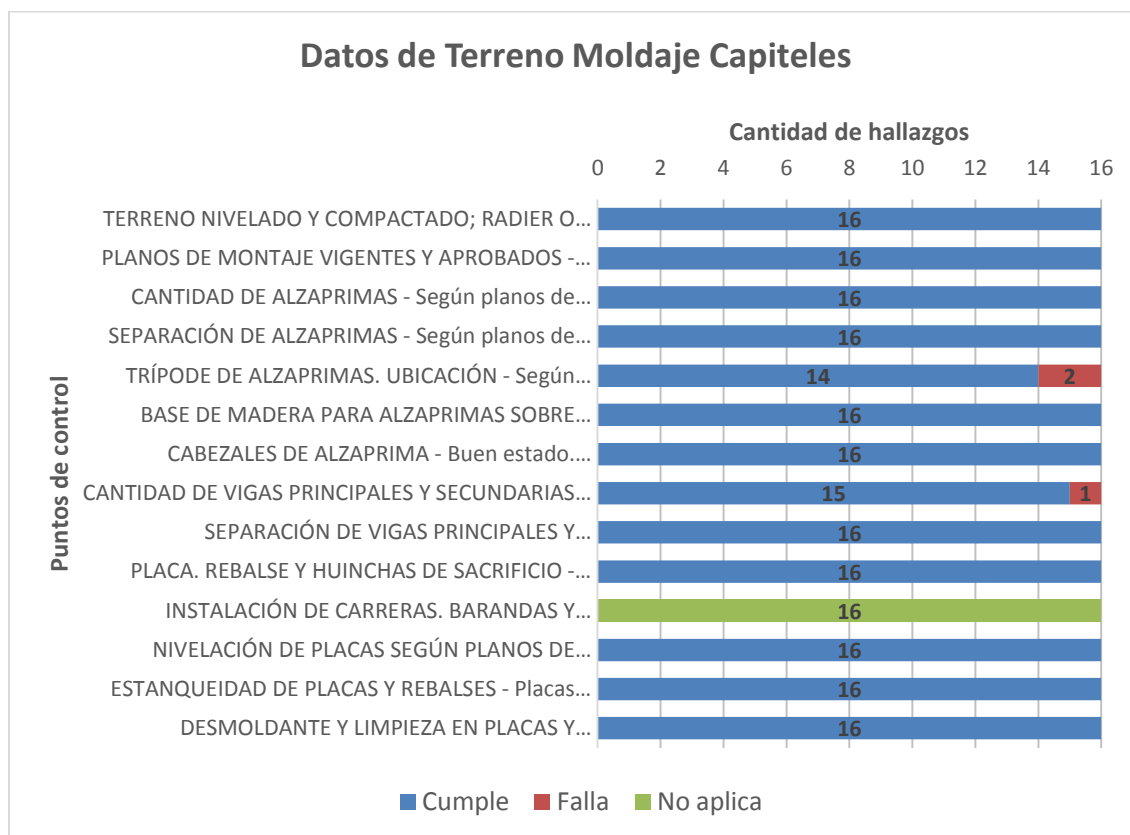


Figura 6-7. Datos de Terreno Moldaje Capitel.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-8 se presentan las fallas de moldaje de capiteles.

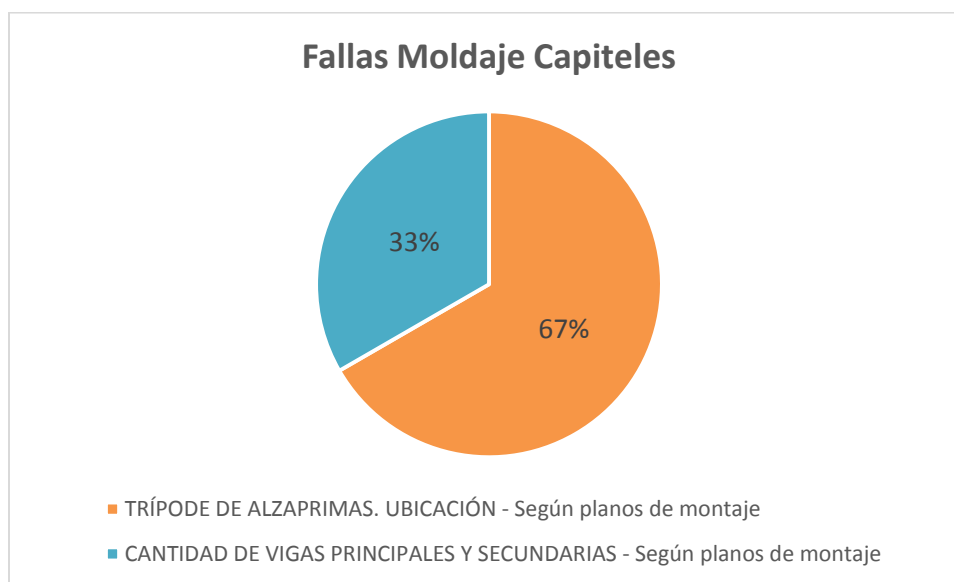


Figura 6-8. Fallas Moldaje Capiteles
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-9 se presentan los datos de terreno para moldaje de losas.

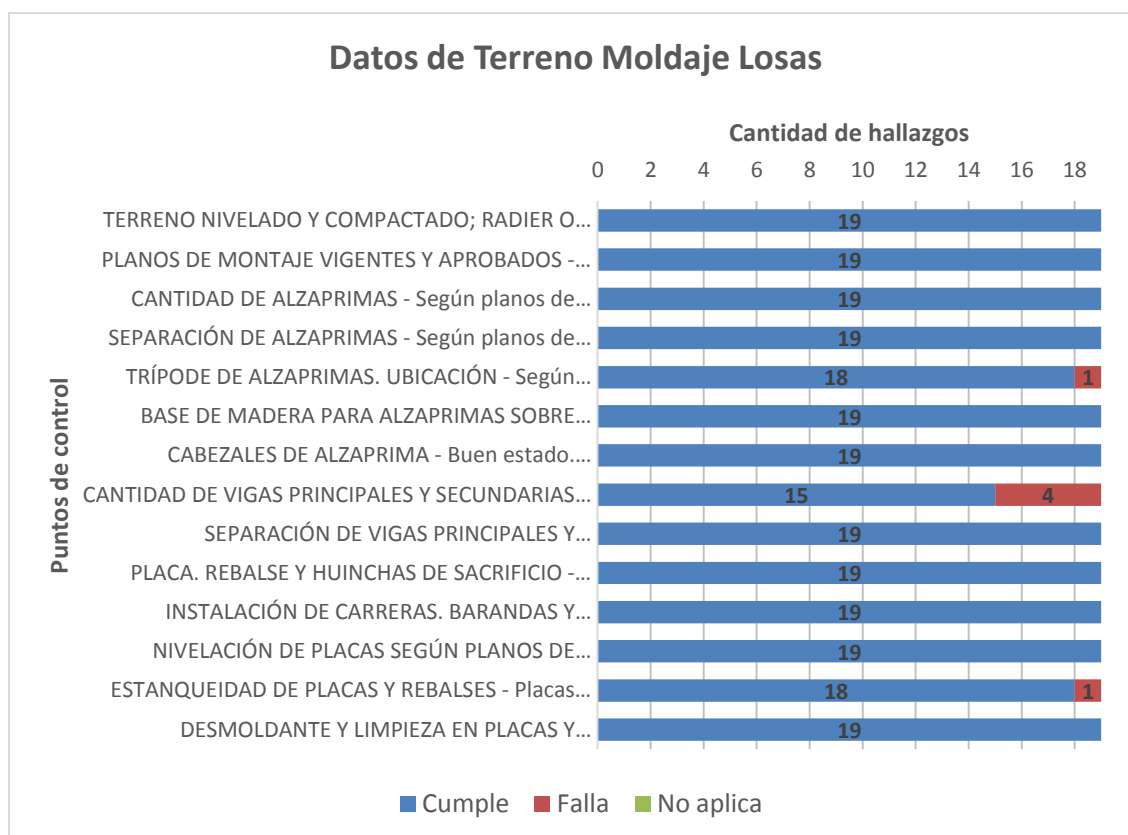


Figura 6-9. Datos de Terreno Moldaje Losas
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-10 se presentan las fallas para moldaje de losas.

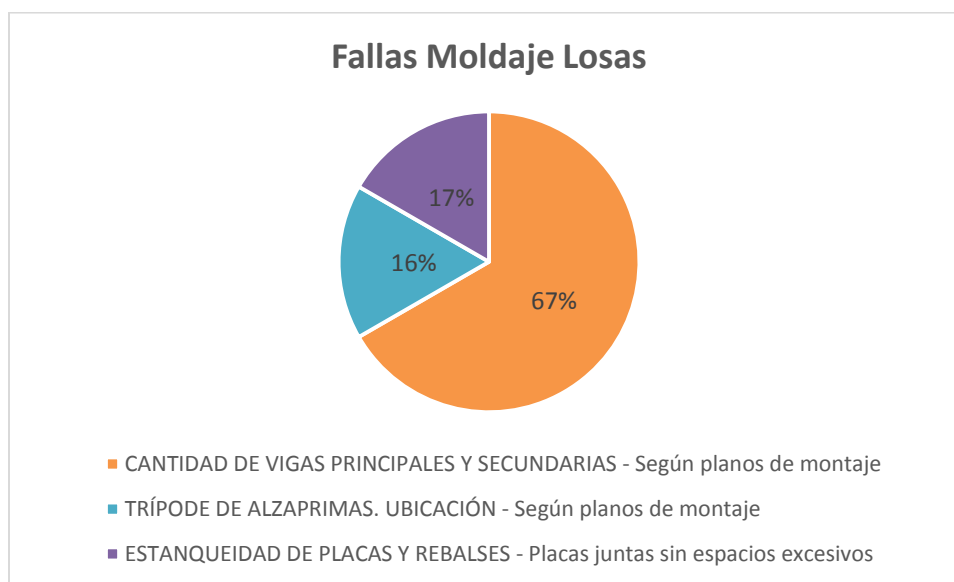


Figura 6-10. Fallas Moldaje Losas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-11 se presentan los datos de terreno para moldaje de vigas.

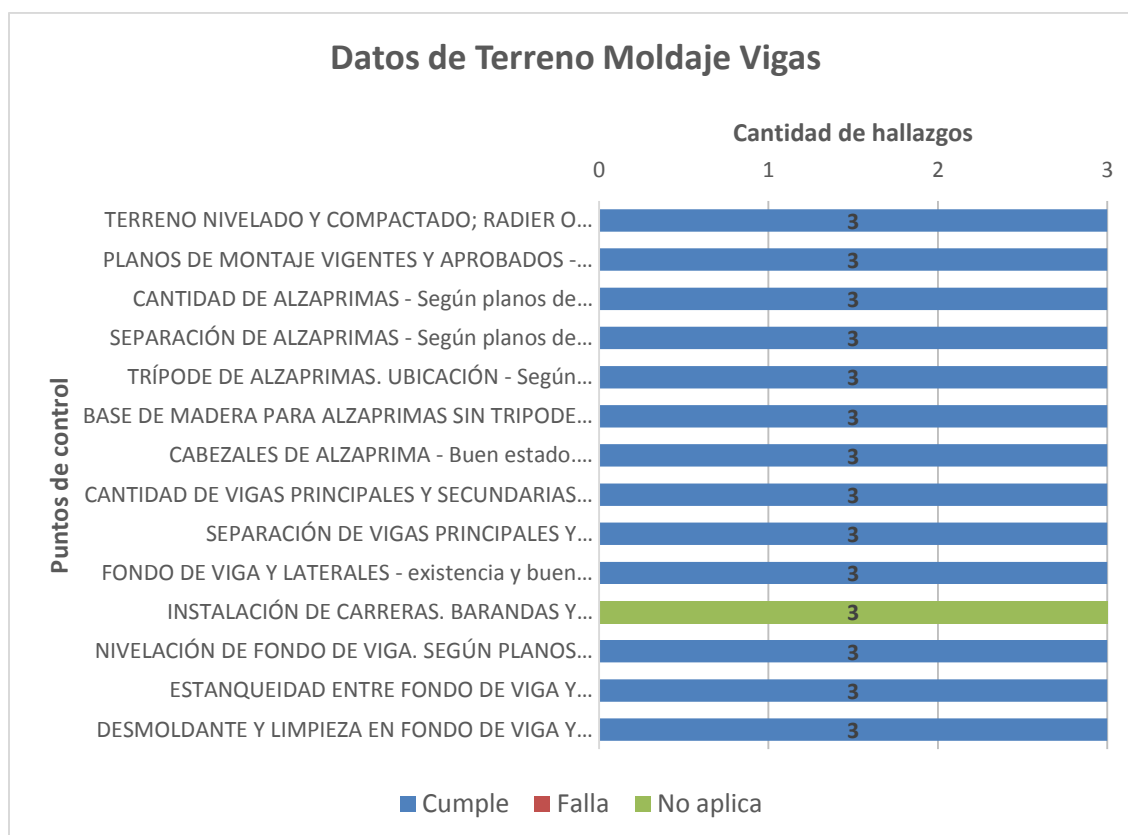


Figura 6-11. Datos de Terreno Moldaje Viga.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2 Armadura

En la Figura 6-12 se presentan los datos de terreno para armadura de capiteles.

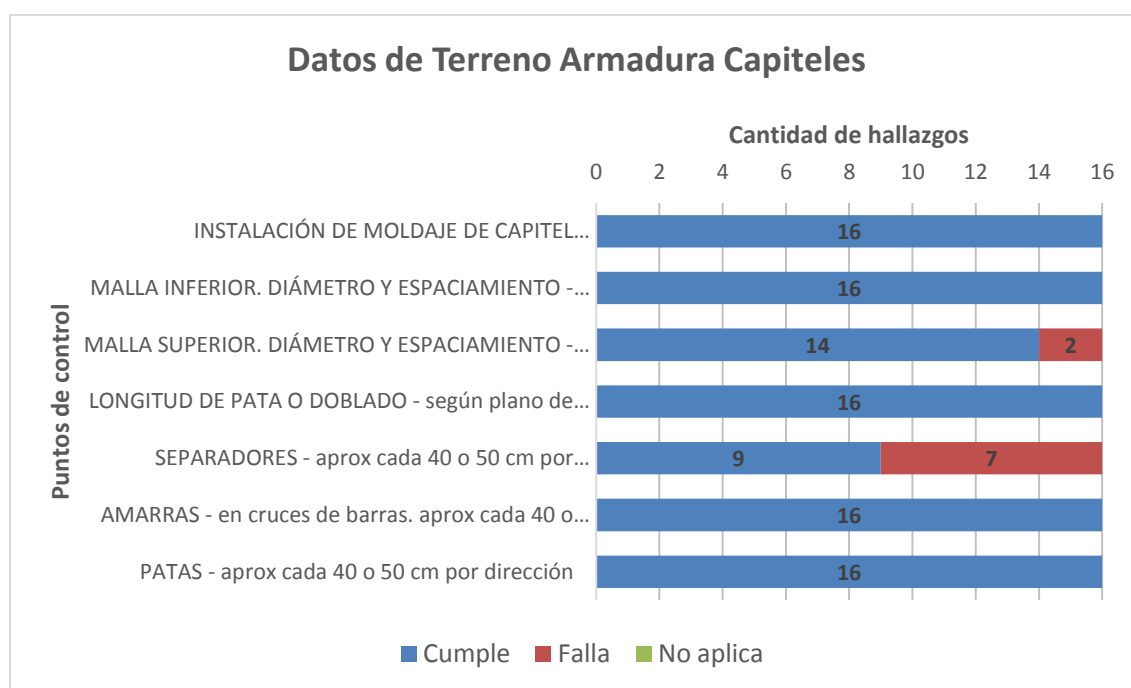


Figura 6-12. Datos de Terreno Armadura Capiteles
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-13 se presentan las fallas para armadura de capiteles.

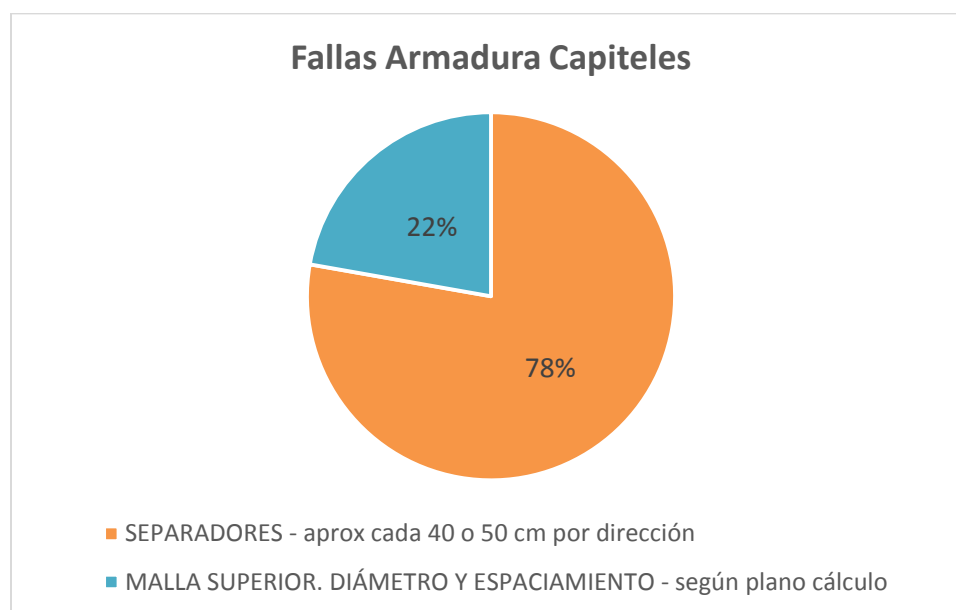


Figura 6-13. Fallas Armadura Capiteles.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-14 se presentan los datos de terreno para armadura de losas.

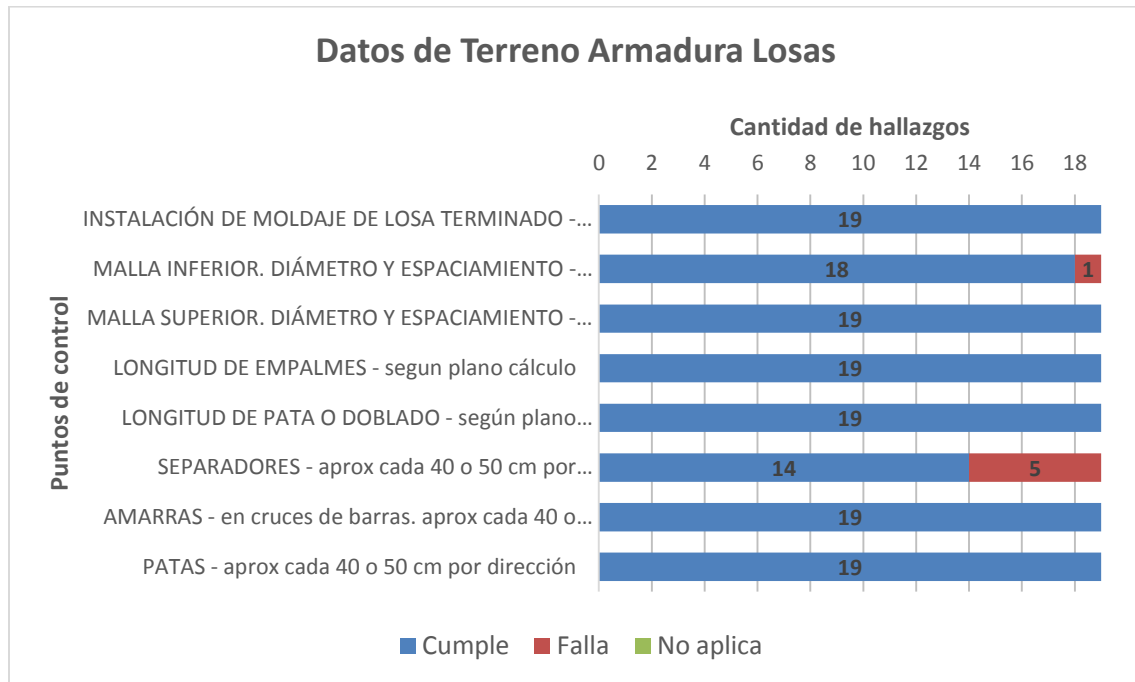


Figura 6-14. Datos de Terreno Armadura Losas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-15 se presentan las fallas para armadura de losas.

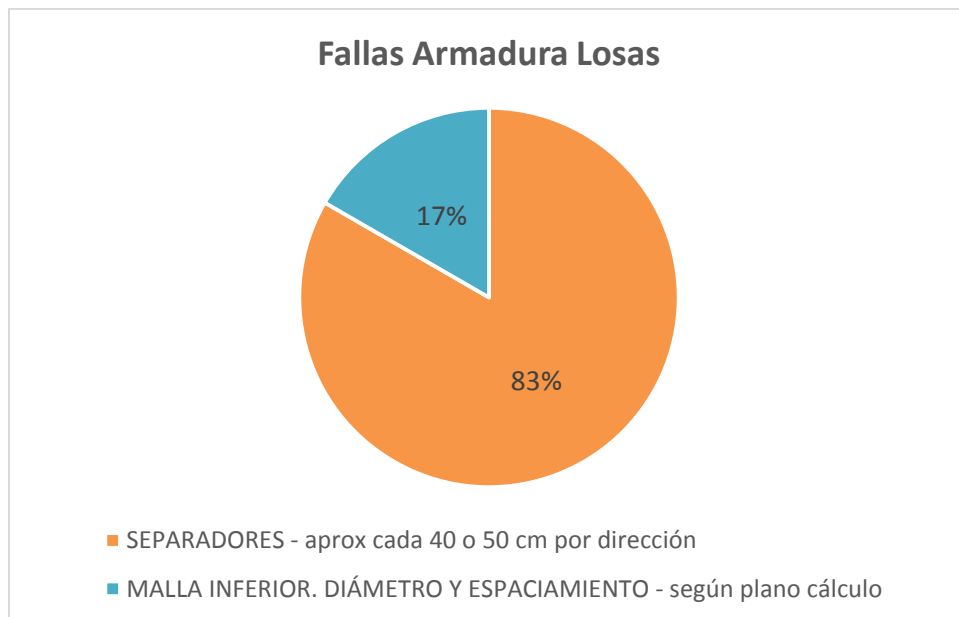


Figura 6-15. Fallas Armadura Losas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-16 se presentan los datos de terreno para armadura de vigas.

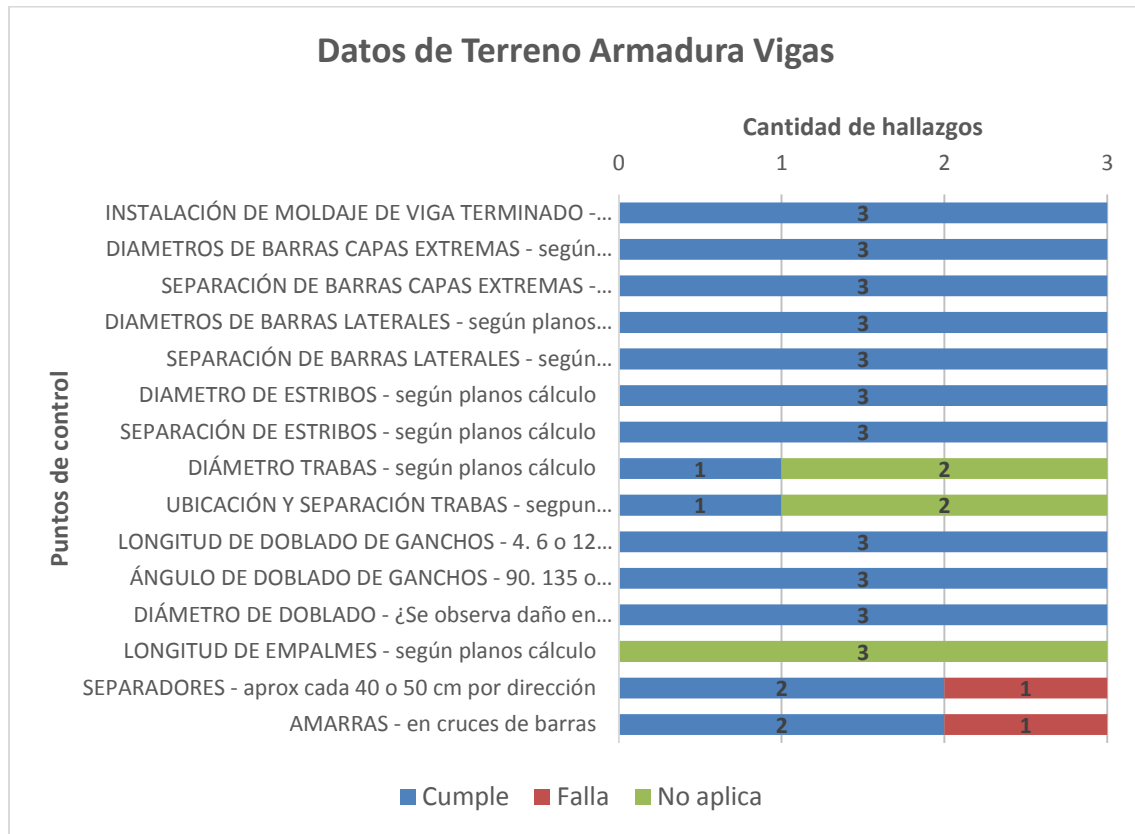


Figura 6-16. Datos de Terreno Armadura Vigas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-17 se presentan las fallas para armadura de vigas.

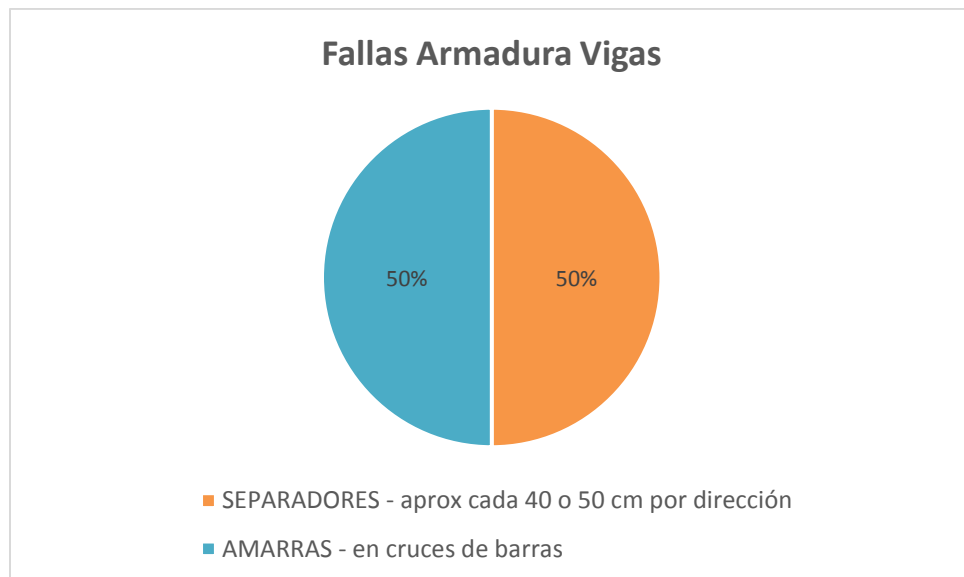


Figura 6-17. Fallas Armadura Vigas.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3 Hormigonado

En la Figura 6-18 se presentan los datos de terreno para hormigonado de capiteles.

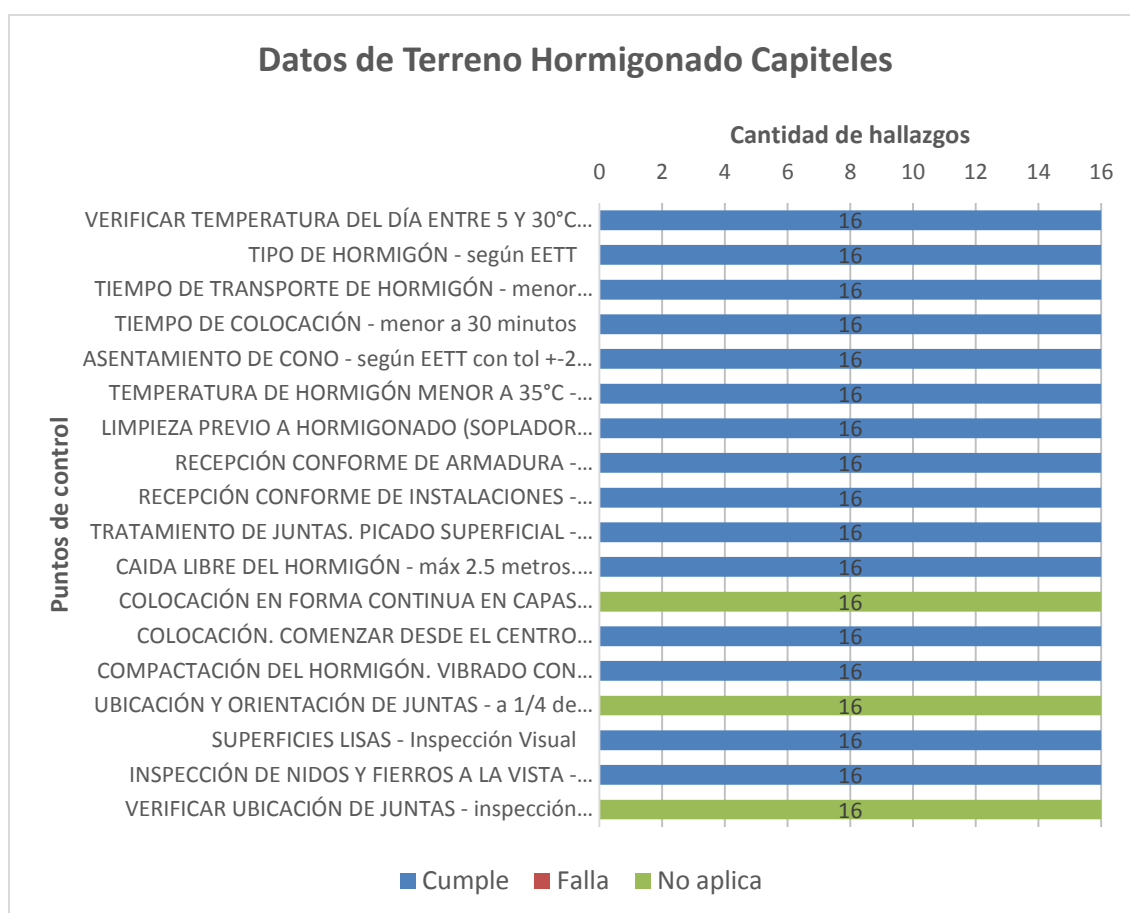


Figura 6-18. Datos de Terreno Hormigonado Capitel.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-19 se presentan los datos de terreno para hormigonado de losas.

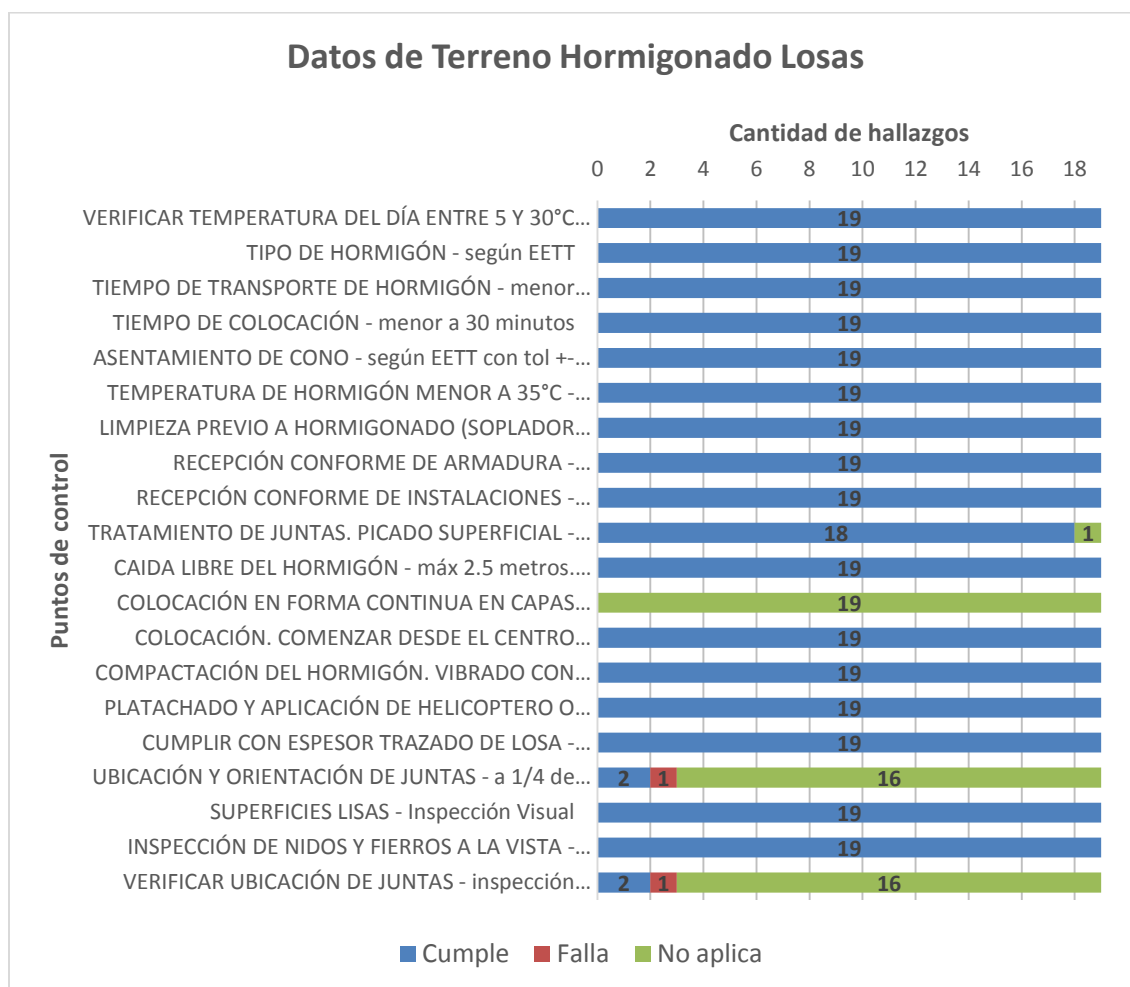


Figura 6-19. Datos de Terreno Hormigonado Losas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-20 se presentan las fallas para hormigonado de losas.

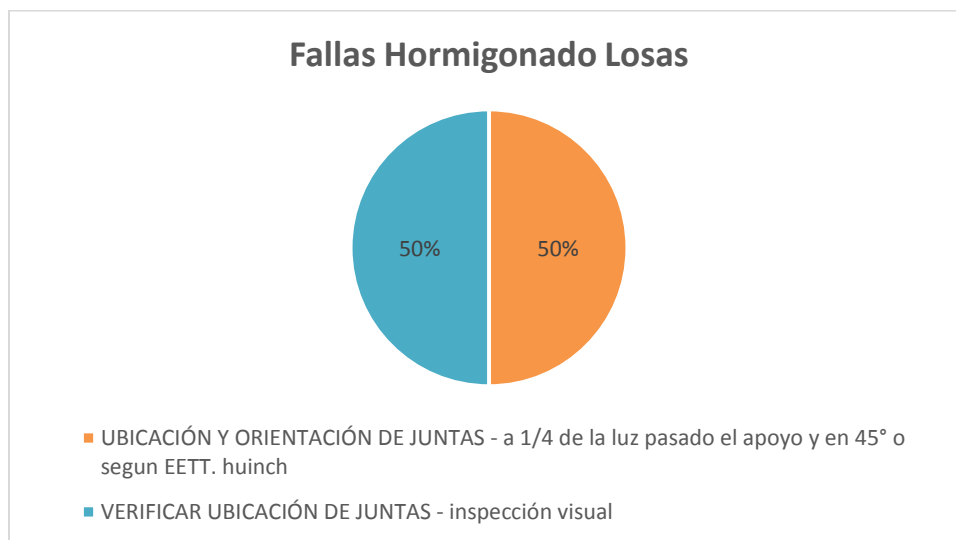


Figura 6-20. Fallas Hormigonado Losas.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-21 se presentan los datos de terreno para hormigonado de vigas.

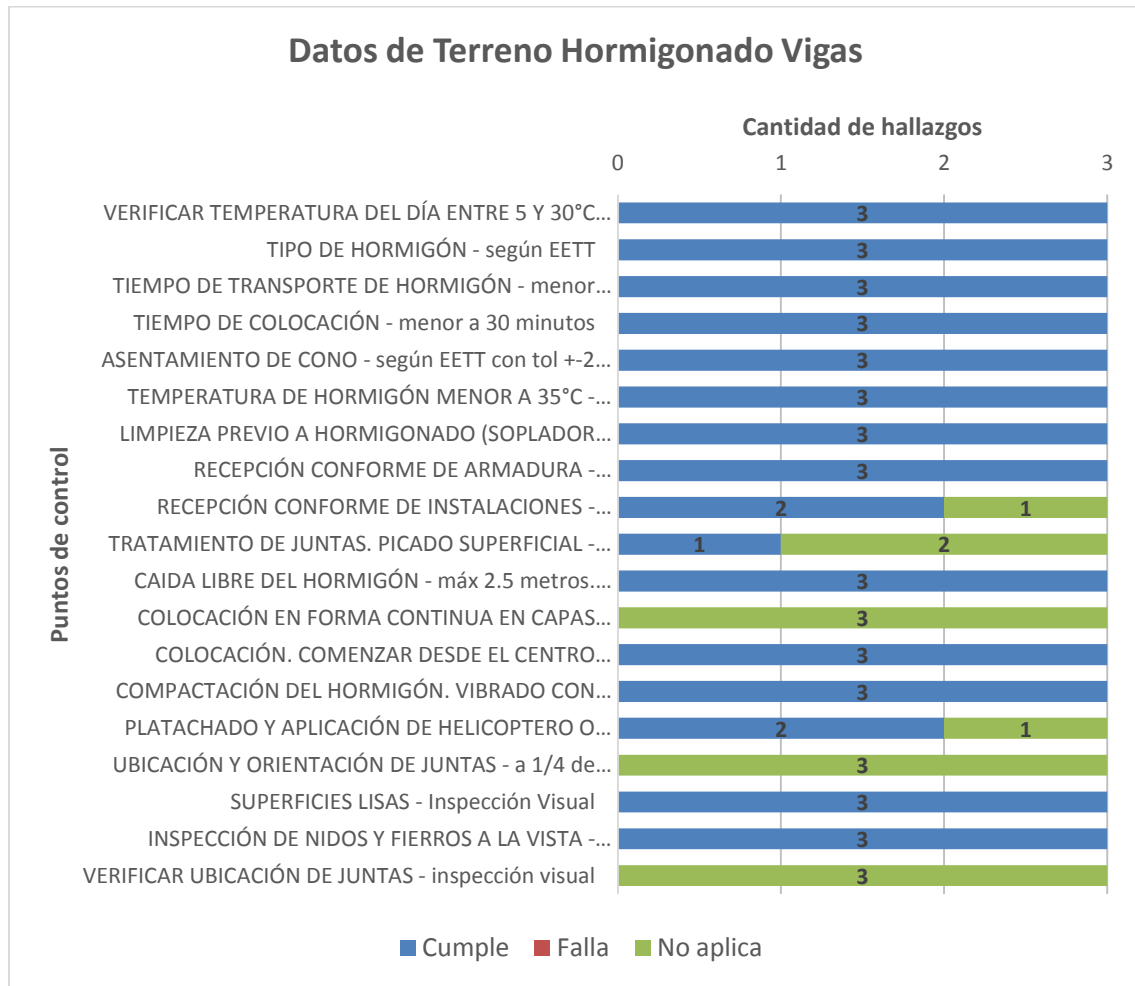


Figura 6-21. Datos de Terreno Hormigonado Vigas.
Fuente: Elaboración propia.

De los datos tomados por parte propia se puede observar que en términos generales las fallas representan una cantidad muy baja con respecto a los cumplimientos.

A continuación, algunas observaciones:

- Para la partida de Moldaje las fallas fueron:
 - Cantidad de vigas principales y secundarias
 - Trípode de alzaprimas. Ubicación
 - Estanqueidad de Placas y Rebalses
- Para la partida de Armadura las fallas fueron:
 - Separadores
 - Malla inferior. Diámetro y espaciamiento
 - Malla superior. Diámetro y espaciamiento
 - Amarras
- Para la partida de Hormigonado las fallas fueron:
 - Ubicación y orientación de juntas

- Verificar ubicación de juntas
- Algunos puntos de revisión están registrados como “No aplica”. En algunos casos estos puntos se eliminarán, pero en otros, se explican por circunstancias constructivas.

Algunas fotografías de fallas encontradas en terreno se muestran a continuación en las Figuras 6-22, 6-23 y 6-24:



Figura 6-22. Ausencia de trípode en alzaprima según plano de montaje.
Fuente: Fotografía propia.



**Figura 6-23. Ausencia de viga secundaria según plano de montaje.
Fuente: Fotografía propia.**



Figura 6-24. Incumplimiento de estanqueidad de placas con espacio excesivo.
Fuente: Fotografía propia.

6.2.2 Mediciones por Constructora

En el sistema de control de calidad de la constructora, se cuenta con protocolos de control para Losas y Vigas, pero no de capiteles.

A continuación, se presentan los datos obtenidos por la constructora en el mismo periodo de tiempo y revisando los mismos elementos que las mediciones propias.

6.2.2.1 Moldaje

En la Figura 6-25 se presentan los datos de terreno para moldaje de losas según control de la constructora.

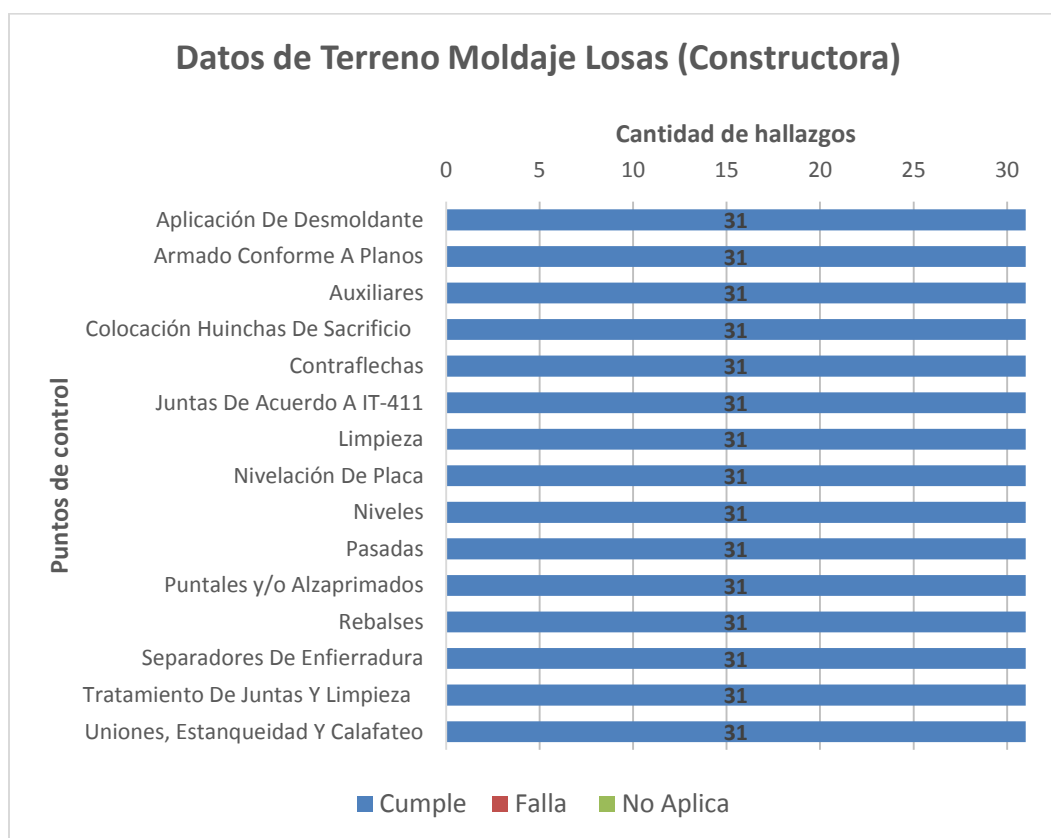


Figura 6-25. Datos de Terreno Moldaje Losas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-26 se presentan los datos de terreno para moldaje de vigas según control de la constructora.

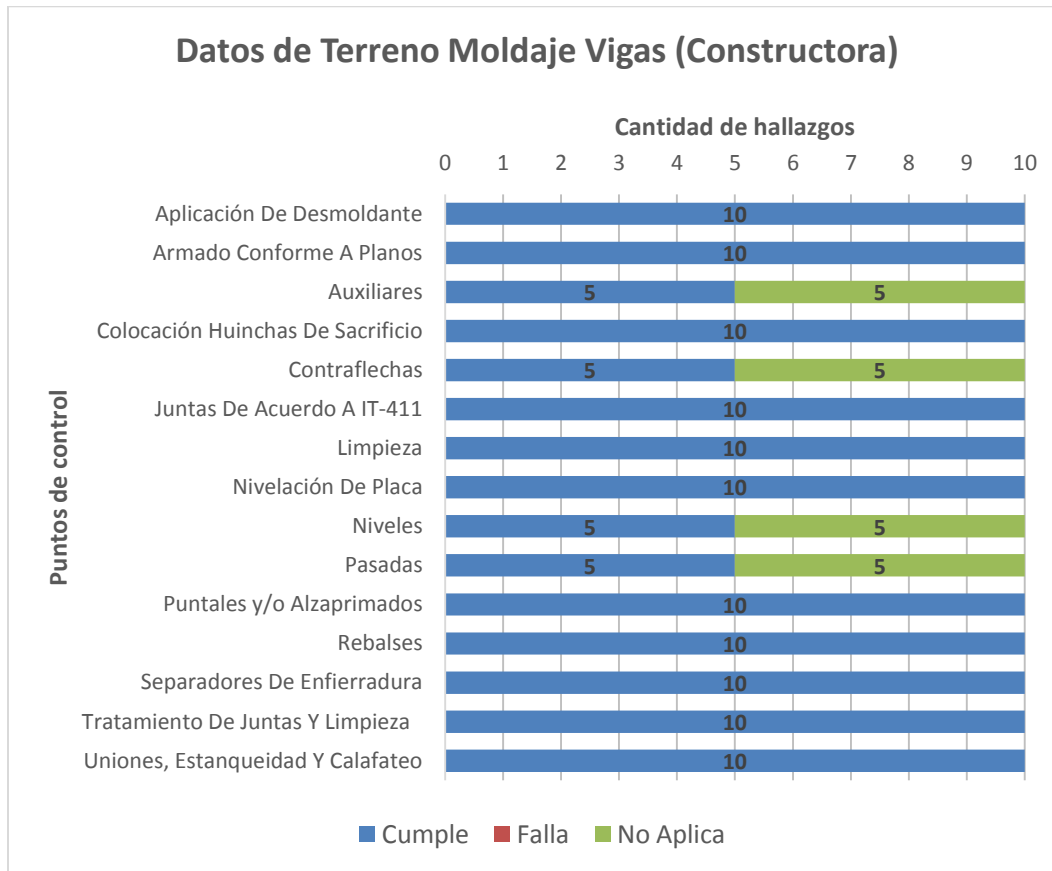


Figura 6-26. Datos de Terreno Moldaje Vigas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2 Armadura

En la Figura 6-27 se presentan los datos de terreno para armadura de losas según control de la constructora.

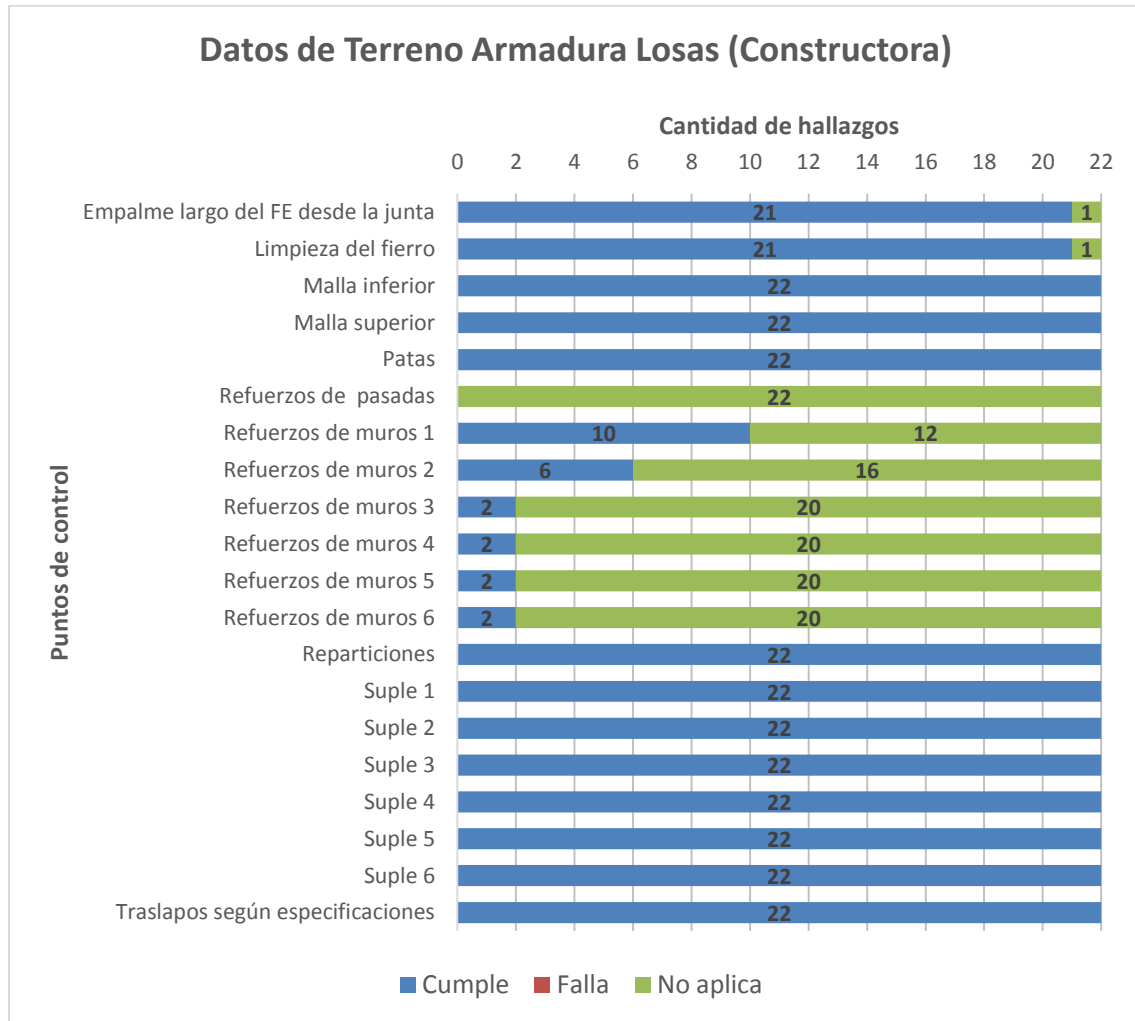


Figura 6-27. Datos de Terreno Armadura Losas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-28 se presentan los datos de terreno para armadura de vigas según control de la constructora.

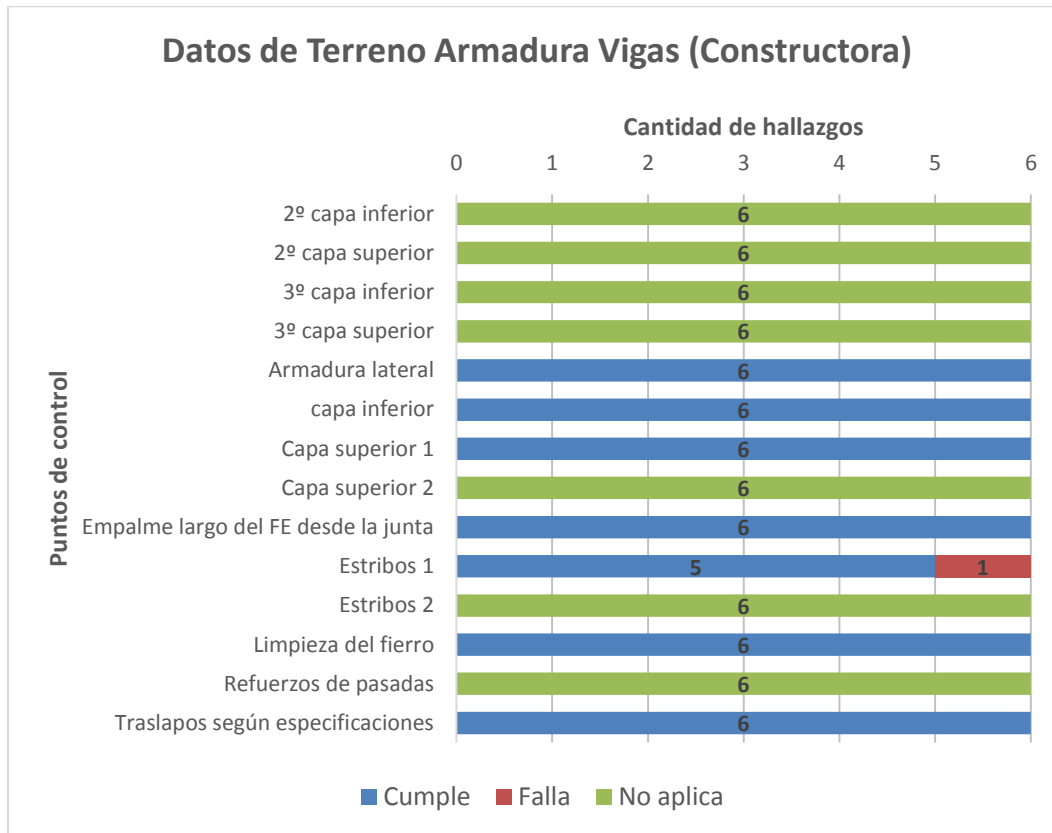


Figura 6-28. Datos de Terreno Armadura Vigas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-29 se presentan las fallas para armadura de vigas según control de la constructora.

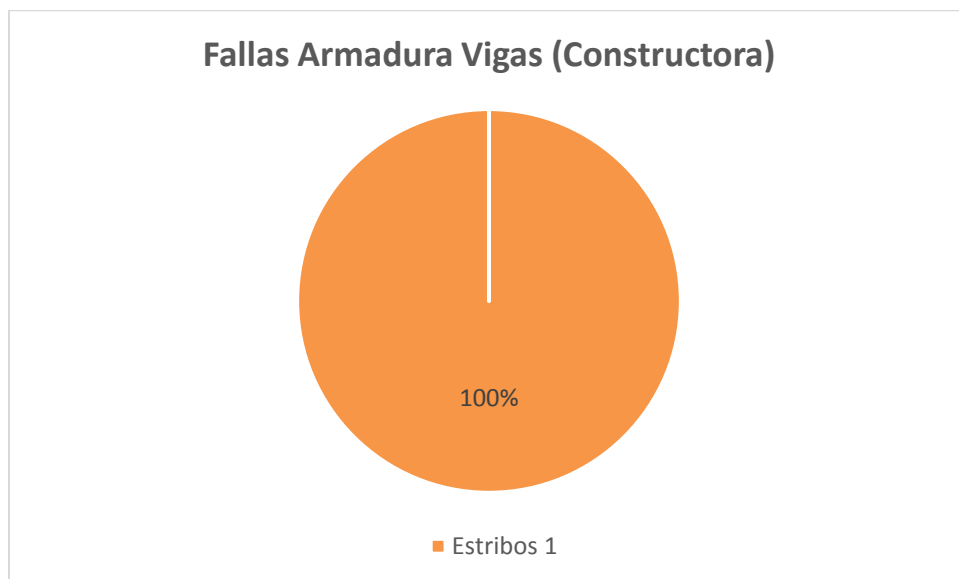


Figura 6-29. Fallas Armadura Vigas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3 Hormigonado

En la Figura 6-30 se presentan los datos de terreno para hormigonado de losas según control de la constructora.

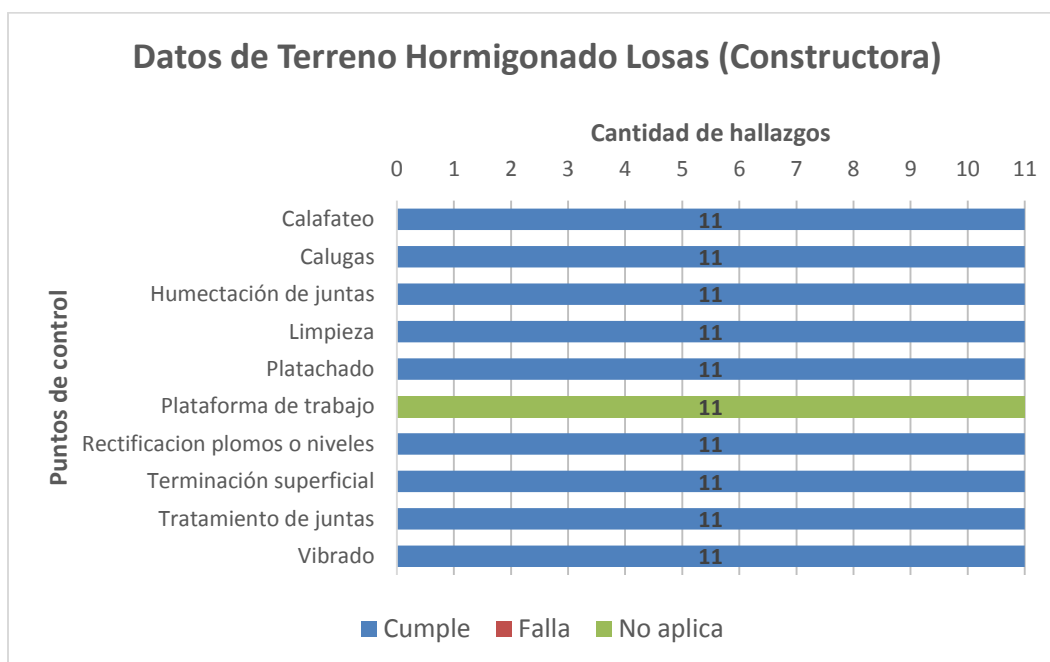


Figura 6-30. Datos de Terreno Hormigonado Losas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-31 se presentan los datos de terreno para hormigonado de vigas según control de la constructora.

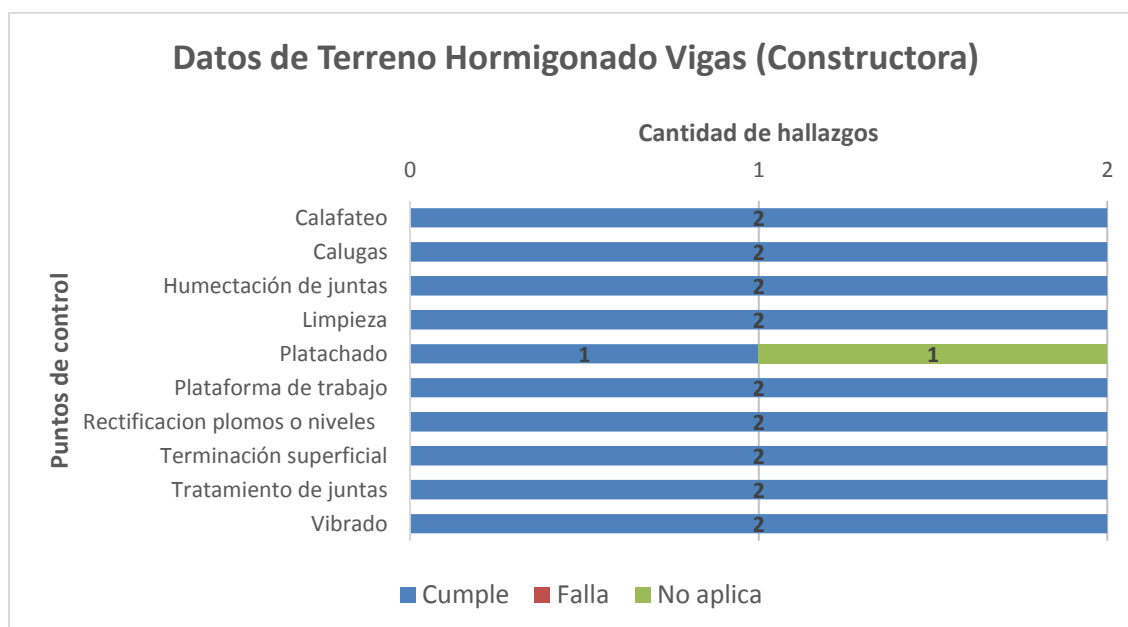


Figura 6-31. Datos de Terreno Hormigonado Vigas (Constructora)
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la Constructora cuenta con una única falla correspondiente a Estribos de Viga.

Se aprecia la diferencia sustancial en el hallazgo de fallas entre las mediciones propias y las de la constructora. Esta situación se debe a, una práctica muy común en el control de calidad que lleva a cabo la constructora, de no registrar las fallas en el sistema, sino que de solucionarlas lo antes posible para luego marcar ese hallazgo como un “cumple”. Por lo tanto, lo que se registra no necesariamente se apega a la realidad observada en terreno.

7 PROTOCOLOS DE CONTROL FINALES

A partir de todos los antecedentes y trabajo realizado en los apartados anteriores, en esta sección se presentan los protocolos de control finales y definitivos para cada partida y elemento estructural. Se proponen estos protocolos de control finales como resultado concluyente respecto al control de calidad de las partidas y elementos de obra gruesa en estudio.

Los protocolos de control finales, que se presentan a continuación, se basan en cierta medida en los protocolos “segunda versión” presentados en el Capítulo 6, aplicando las últimas modificaciones pertinentes con el objetivo de elaborar protocolos de control que permitan supervisar la calidad de partidas de obra gruesa de forma adecuada y óptima.

A continuación, se presentan los protocolos de control finales organizados por partidas y por elemento estructural. Según sea el caso, se presentan observaciones de las modificaciones realizadas a los puntos de control.

7.1 Moldaje

Para el caso de los protocolos de control finales de moldaje, se decide presentarlos diferenciados según elemento estructural. En la Tabla 7-1 se presenta el protocolo de control final para moldaje de losas.

Tabla 7-1. Protocolo de Control Final Moldaje Losas

Control previo	
1.	TERRENO NIVELADO Y COMPACTADO; RADIER O LOSA DE APOYO PARA ALZAPRIMAS (INSPECCIÓN VISUAL)
2.	PLANOS DE MODULACIÓN VIGENTES Y APROBADOS (CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA O PROFESIONAL DE TERRENO)
Ejecución	
3.	ALZAPRIMAS, VERTICALIDAD (INSPECCIÓN VISUAL)
4.	ALZAPRIMAS, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
5.	ALZAPRIMAS, SEPARACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
6.	TRIPODE DE ALZAPRIMAS, CANTIDAD Y UBICACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
7.	BASE DE MADERA PARA ALZAPRIMAS SOBRE TERRENO NATURAL (CUMPLIR DIMENSIONES DE BASE, SEGÚN EETT)
8.	CABEZALES DE ALZAPRIMA (PRESENCIA, BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
9.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
10.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, SEPARACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
11.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, LONGITUD (TIPO O MODELO) (INSPECCIÓN VISUAL, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
12.	SOLERAS (FIRMES Y SEGÚN NIVEL DADO POR TRAZADOR)
13.	PLACAS (BUEN ESTADO SIN DEFORMACIONES EXCESIVAS, INSPECCIÓN VISUAL)
14.	HUINCHAS DE SACRIFICIO (O DE REAPUNTALAMIENTO) (BUEN ESTADO E INTERCALADAS CON PLACAS)
15.	PLATAFORMA DE CONTORNO Y BARANDAS (COLOCACIÓN Y BUEN ESTADO. PLATAFORMA DE CONTORNO CON 70 CM DE ANCHO)
16.	REBALSES (BUEN ESTADO, SEGÚN TRAZADO)
Recepción	
17.	NIVELACIÓN DE PLACAS SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO, NIVELADA O CON CONTRAFLECHA (CONSULTAR A TRAZADOR)
18.	ESTANQUEIDAD DE PLACAS Y REBALSES (PLACAS JUNTAS SIN ESPACIOS EXCESIVOS, INSPECCIÓN VISUAL)
19.	DESMOLDANTE Y LIMPIEZA, EN PLACAS Y REBALSES (COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)

A continuación, se detallan las modificaciones:

- Se agrega el punto 3 referente a verificar verticalidad de alzaprimas.
- Se agrega el punto 11 referente a la longitud o modelo de las vigas primarias y secundarias que se instalan según planos de montaje del proveedor de los equipos.
- Se agrega el punto 12 referente a la solera, que corresponde a un elemento de apoyo de las placas fijado al muro, éste puede ser un moldaje angosto o una solera de madera. donde se apoyan las placas en la unión con los muros o columnas.
- Se suprime el punto de control “placa, rebalse y huinchas de sacrificio” y se colocan en forma individual como los puntos 13, 14 y 16.
- Se suprime el punto de control “Instalación de carreras, barandas y rodapiés”. En su reemplazo se agrega el punto 15 referente a verificar las barandas y la plataforma de contorno. Referente a esta última, en el Manual de Moldajes 2014 de la CCHC se define como: “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 centímetros de ancho”. Notar que la plataforma de contorno no es otra cosa que una extensión de la placa de losa hacia el exterior del contorno del edificio.

En el caso de losas de gran altura no se utiliza el sistema de alzaprimas, y en su reemplazo se usa una torre de apuntalamiento mostrada en la Figura 7-1.

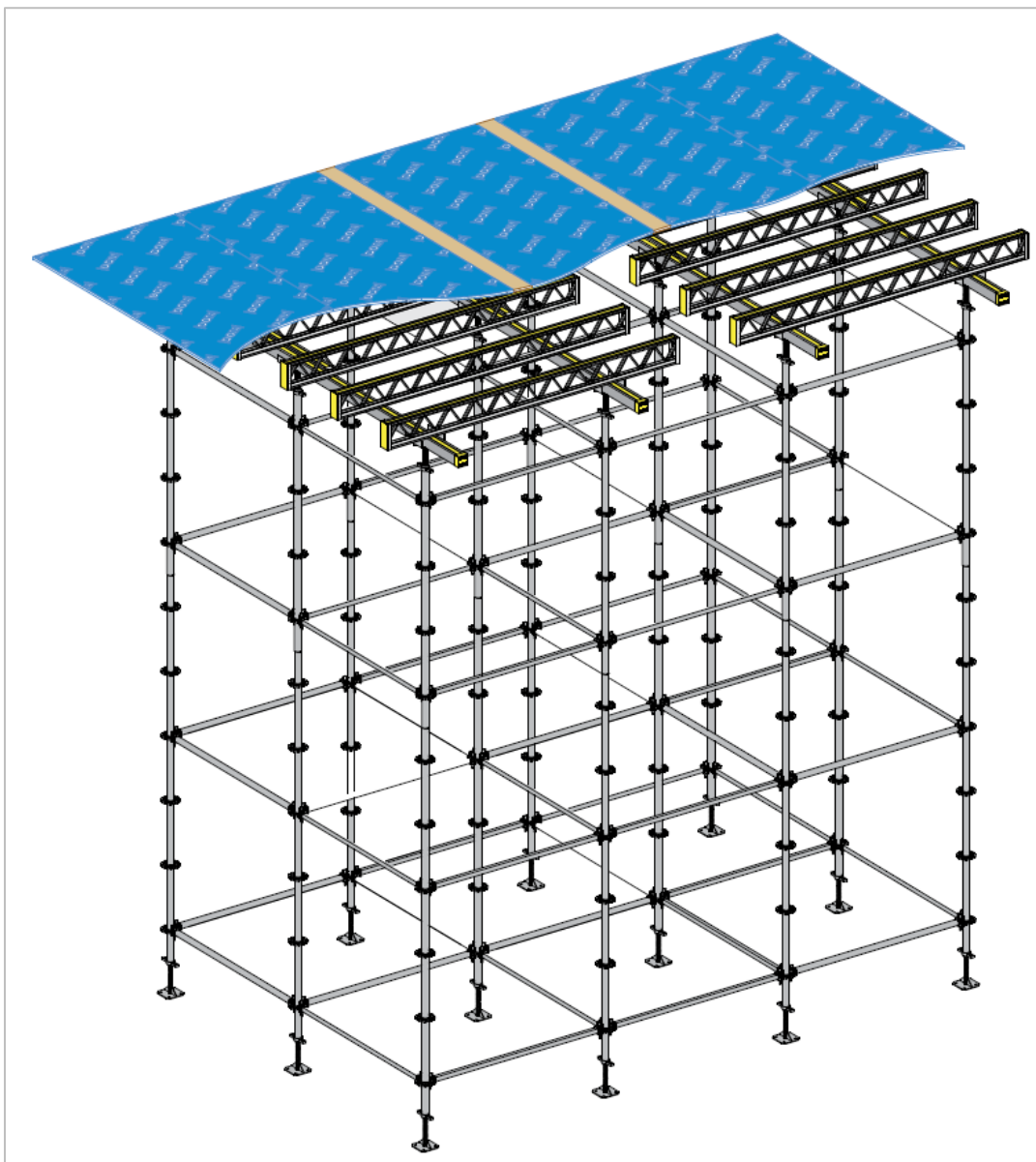


Figura 7-1. Torre de apuntalamiento para losas de gran altura.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios

En las zonas de contorno del edificio donde haya muros o vigas no se puede instalar la plataforma de contorno ya que estos elementos no permiten extender la instalación de la placa de losa hacia el exterior. En la Figura 7-2 se esquematiza la situación en que no se puede extender la placa de losa hacia el exterior.

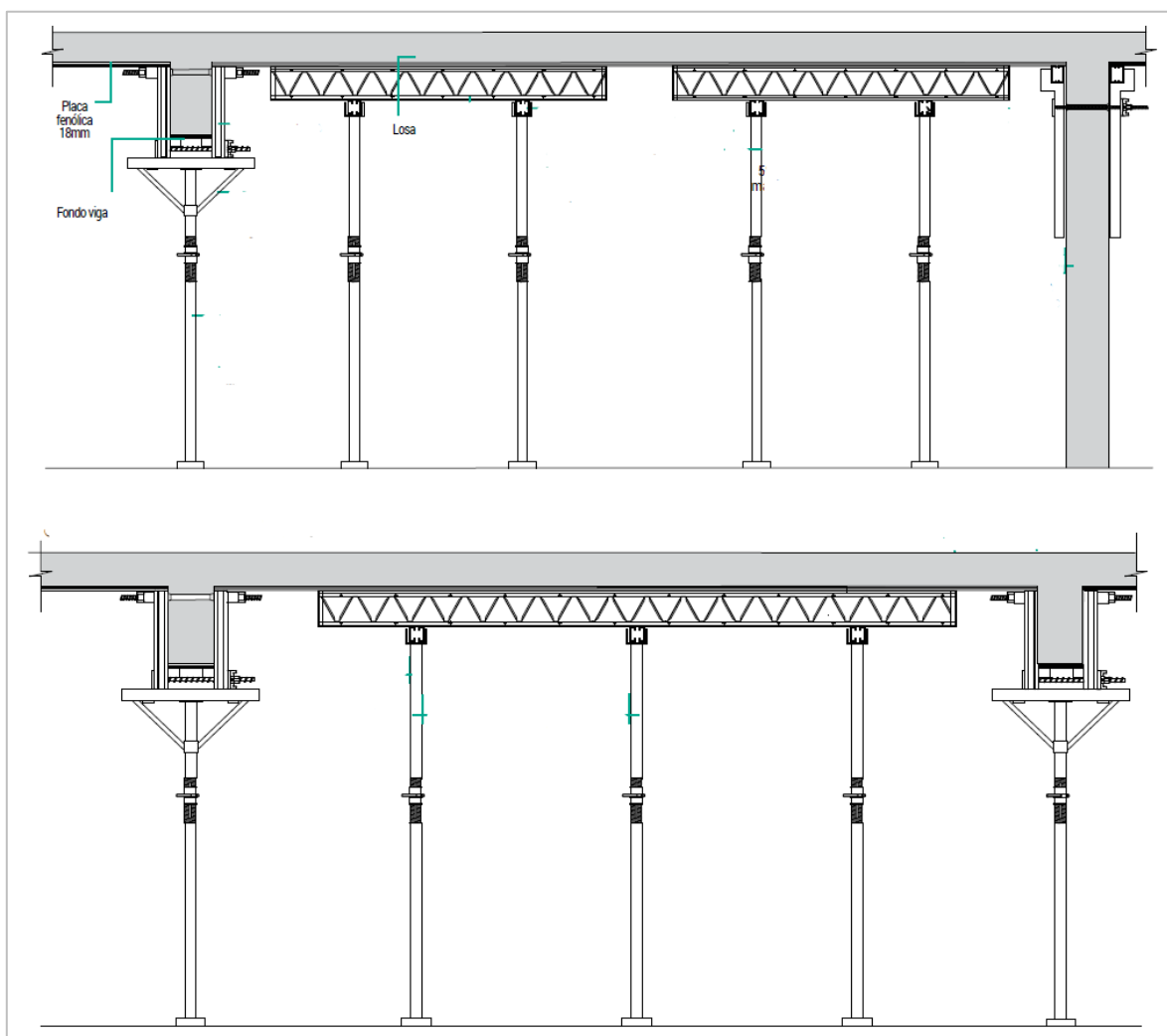


Figura 7-2. Muros y vigas de borde que no permiten plataforma de contorno.

La plataforma de contorno debe sobresalir en las zonas perimetrales de un edificio donde haya presencia de: borde de losa, muro invertido y/o viga invertida tal como muestra la Figura 7-3.

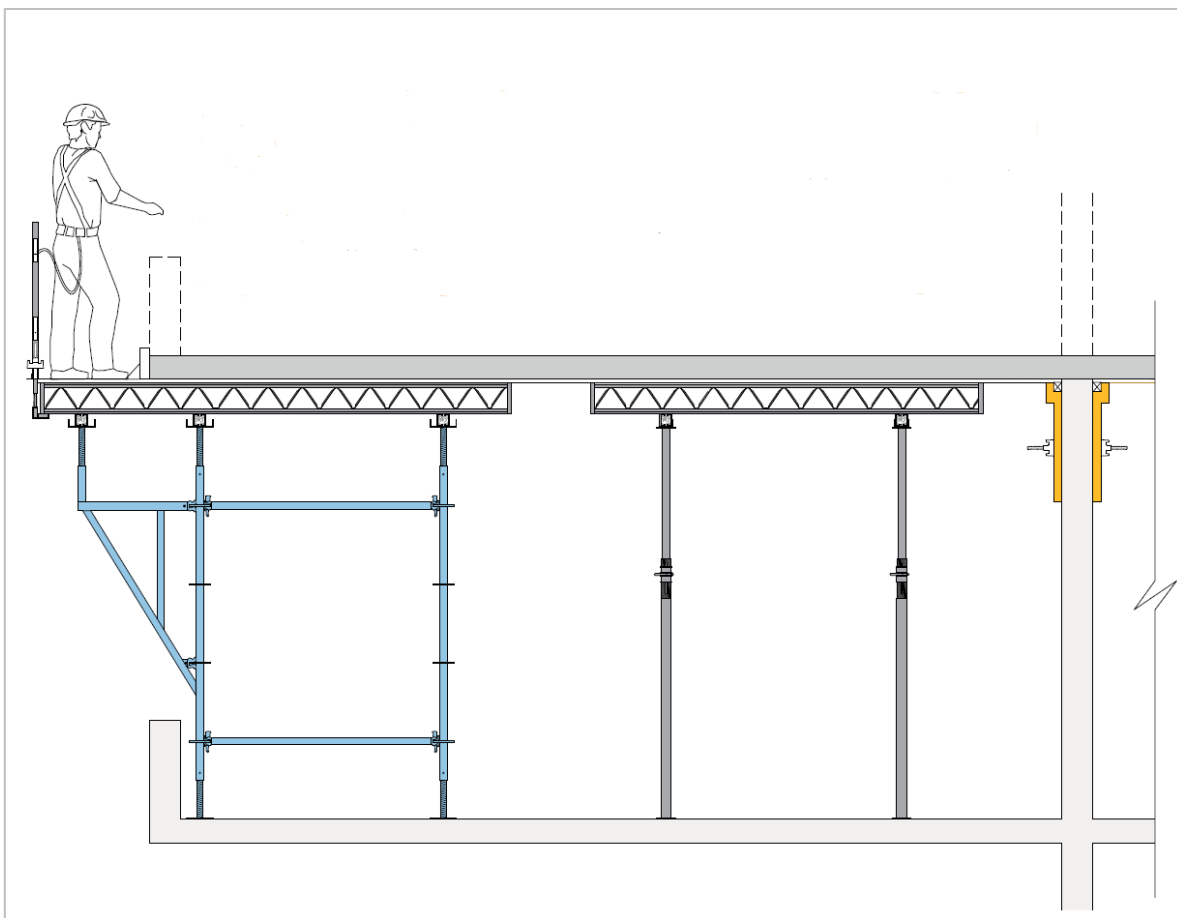


Figura 7-3. Plataforma de contorno como extensión de placa de losa.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios.

En la Figura 7-4 se esquematiza la instalación de barandas en bordes de losas

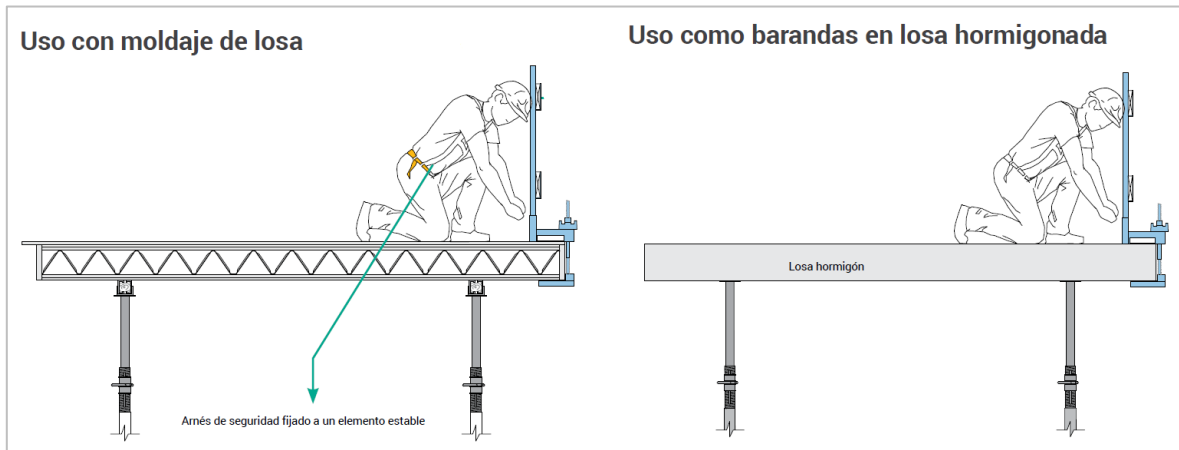


Figura 7-4. Instalación de barandas en bordes de losas.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios

En los casos en que exista presencia de vigas en el perímetro de un edificio, no se utiliza la plataforma de contorno como tal, y en su reemplazo se utiliza un moldaje y plataforma especial para dicha viga, tal como muestra la Figura 7-5.

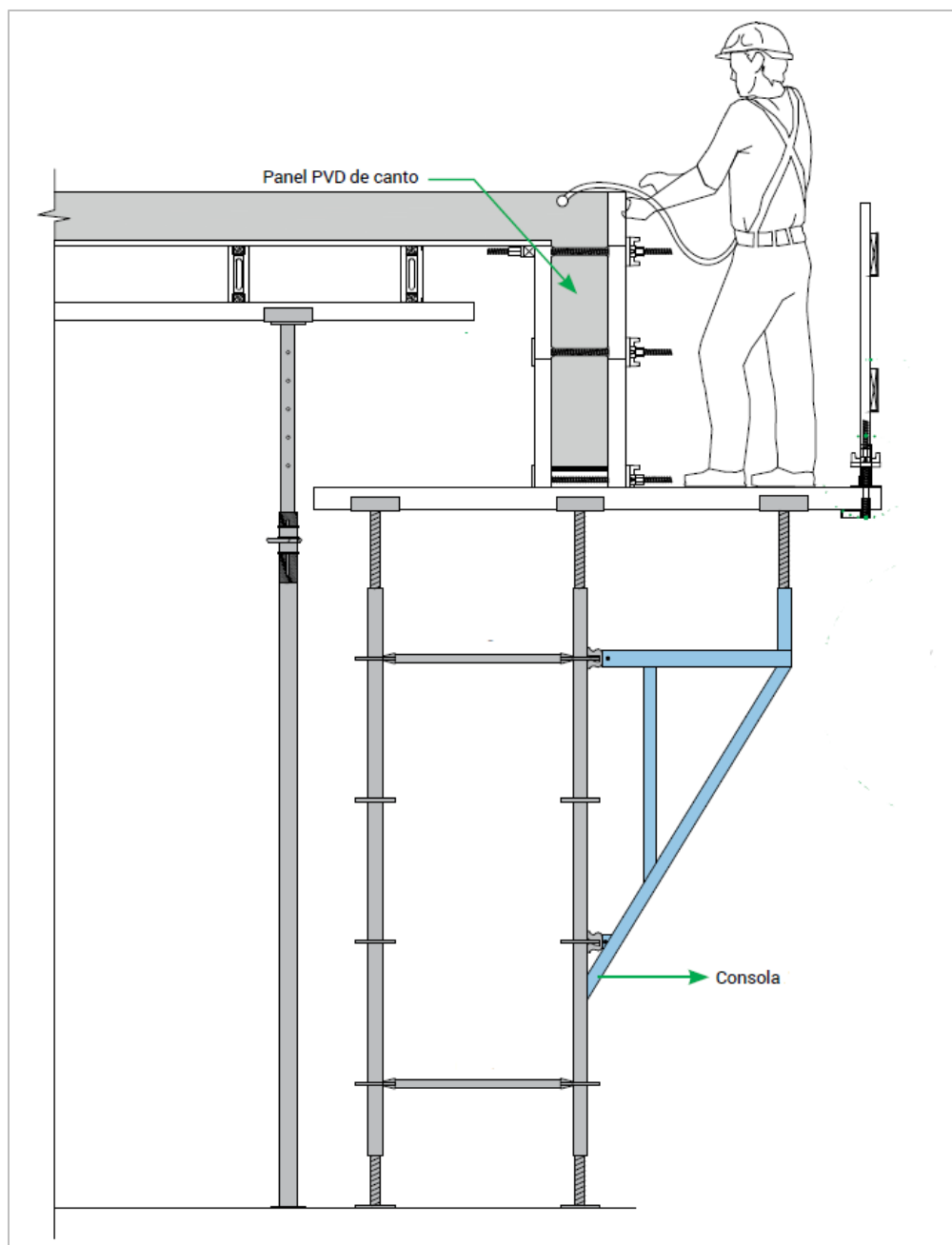


Figura 7-5. Moldaje y plataforma de viga perimetral.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios

En el caso de muros perimetrales en el contorno de un edificio, se utiliza una plataforma exterior para apuntalar el moldaje de dicho muro y lograr una superficie de trabajo. Esto se esquematiza en la Figura 7-6.

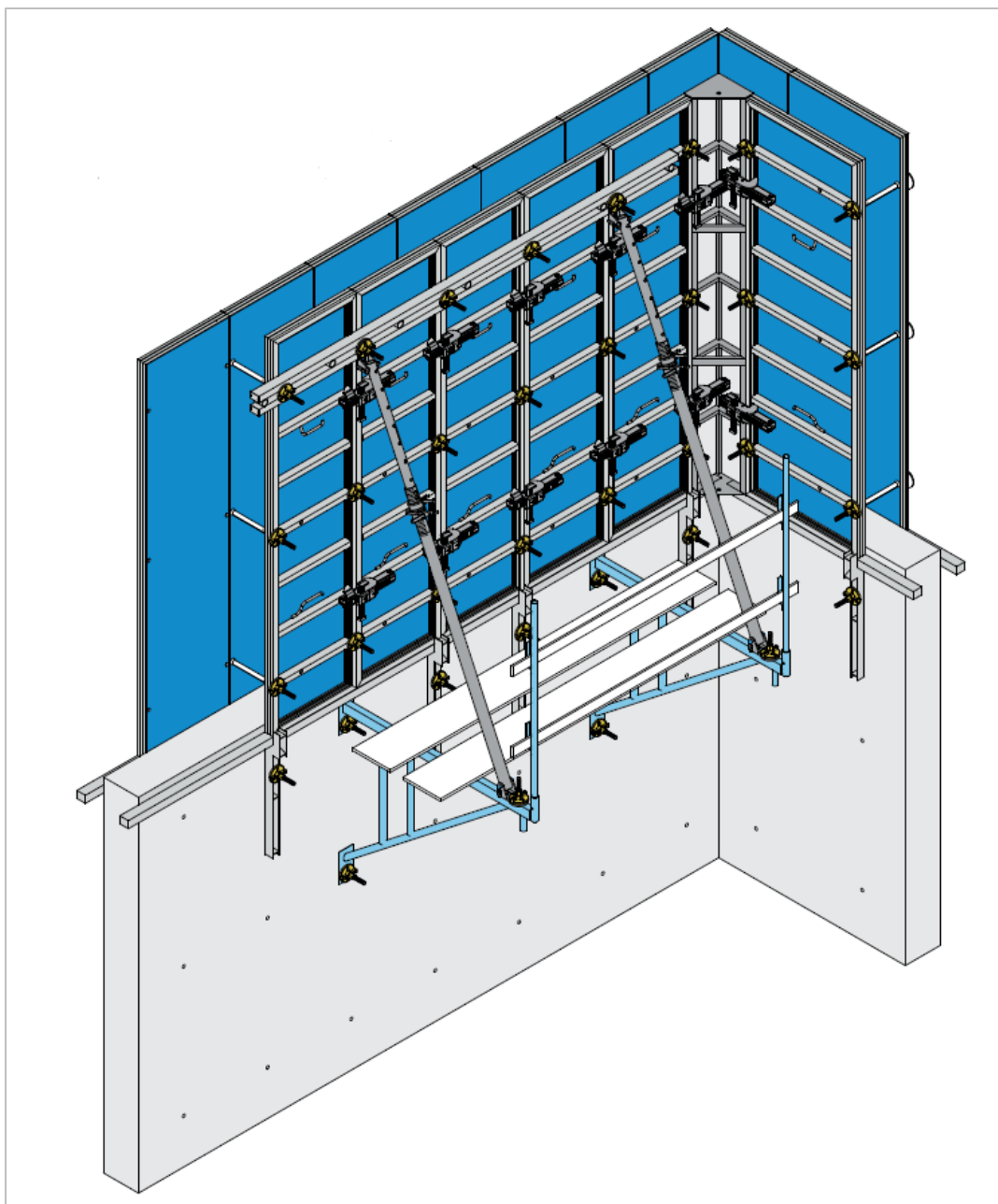


Figura 7-6. Plataforma de trabajo y apuntalamiento de muros exteriores.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios

En la Tabla 7-2 se presenta el protocolo de control final para moldaje de vigas.

Tabla 7-2. Protocolo de Control Final Moldaje Vigas

Control previo	
1.	TERRENO NIVELADO Y COMPACTADO; RADIER O LOSA DE APOYO PARA ALZAPRIMAS (INSPECCIÓN VISUAL)
2.	PLANOS DE MODULACIÓN VIGENTES Y APROBADOS (CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA O PROFESIONAL DE TERRENO)
Ejecución	
3.	ALZAPRIMAS, VERTICALIDAD (INSPECCIÓN VISUAL)
4.	ALZAPRIMAS, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
5.	ALZAPRIMAS, SEPARACIÓN (CON HUINCHA, SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
6.	TRIPODE DE ALZAPRIMAS, CANTIDAD Y UBICACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
7.	BASE DE MADERA PARA ALZAPRIMAS SOBRE TERRENO NATURAL (CUMPLIR DIMENSIONES DE BASE, SEGÚN EETT)
8.	CABEZALES DE ALZAPRIMA (PRESENCIA, BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
9.	VIGAS PRINCIPALES, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
10.	VIGAS PRINCIPALES, SEPARACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
11.	VIGAS PRINCIPALES, LONGITUD (TIPO O MODELO) (INSPECCIÓN VISUAL, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
12.	SOLERAS (FIRMES Y SEGÚN NIVEL DADO POR TRAZADOR)
13.	FONDO DE VIGA (PRESENCIA Y BUEN ESTADO SIN DEFORMACIONES EXCESIVAS, INSPECCIÓN VISUAL)
14.	LATERALES (PRESENCIA Y BUEN ESTADO, SEGÚN DIMENSIONES, INSPECCIÓN VISUAL)
Recepción	
15.	NIVELACIÓN DE FONDO DE VIGA SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO (CONSULTAR A TRAZADOR)
16.	ESTANQUEIDAD DE FONDO DE VIGA Y LATERALES (PLACAS JUNTAS SIN ESPACIOS EXCESIVOS, INSPECCIÓN VISUAL)
17.	DESMOLDANTE Y LIMPIEZA, EN FONDO DE VIGA Y LATERALES (COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)

A continuación, se detallan las modificaciones:

- Se agrega el punto 3 referente a verificar verticalidad de alzaprimas.
- Se agrega el punto 11 referente a la longitud o modelo de las vigas primarias y secundarias que se instalan según planos de montaje del proveedor de los equipos.
- Se agrega el punto 12 referente a la solera, que corresponde a un elemento de apoyo de las placas fijado al muro, éste puede ser un moldaje angosto o una

solera de madera. donde se apoyan las placas en la unión con los muros o columnas.

- Se suprime el punto de control “fondo de viga y laterales” y se colocan en forma individual como los puntos 13 y 14.
- Se suprime el punto de control “Instalación de carreras, barandas y rodapiés” ya que, es más útil revisar ese aspecto en moldaje de losas. Esto se explica por el hecho de que, en términos generales, las vigas (como también vigas semi-invertidas e invertidas) son subelementos de losas en cuanto a su moldaje y hormigonado). Es decir, el moldaje de losas es la estructura principal y como elementos secundarios se arman los Moldajes de capiteles y vigas.

En el caso de vigas de gran altura no se utiliza sistema de alzaprimas, y en su reemplazo se usa una torre de apuntalamiento al igual que las losas de gran altura, tal como se muestra en la Figura 7-7.

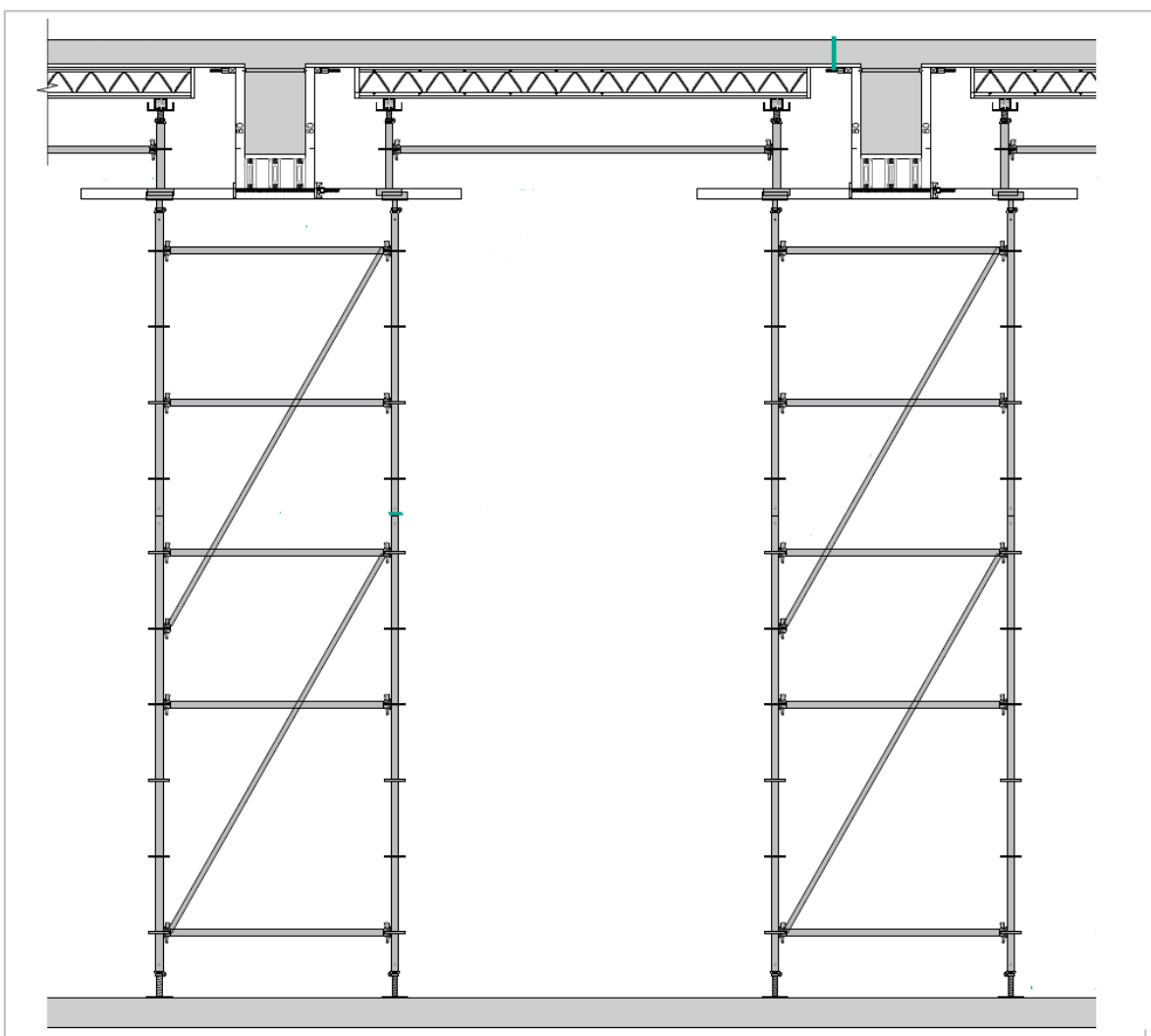


Figura 7-7. Torre de apuntalamiento para vigas de gran altura.
Fuente: Catálogo DOM Encofrados y Andamios.

En la Tabla 7-3 se presenta el protocolo de control final para moldaje de capiteles.

Tabla 7-3. Protocolo de Control Final Moldaje Capiteles

Control previo	
1.	TERRENO NIVELADO Y COMPACTADO; RADIER O LOSA DE APOYO PARA ALZAPRIMAS (INSPECCIÓN VISUAL)
2.	PLANOS DE MODULACIÓN VIGENTES Y APROBADOS (CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA O PROFESIONAL DE TERRENO)
Ejecución	
3.	ALZAPRIMAS, VERTICALIDAD (INSPECCIÓN VISUAL)
4.	ALZAPRIMAS, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
5.	ALZAPRIMAS, SEPARACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
6.	TRIPODE DE ALZAPRIMAS, CANTIDAD Y UBICACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MODULACIÓN)
7.	BASE DE MADERA PARA ALZAPRIMAS SOBRE TERRENO NATURAL (CUMPLIR DIMENSIONES DE BASE, SEGÚN EETT)
8.	CABEZALES DE ALZAPRIMA (PRESENCIA, BUEN ESTADO, INSPECCIÓN VISUAL)
9.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, CANTIDAD (SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
10.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, SEPARACIÓN (SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
11.	VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS, LONGITUD (TIPO O MODELO) (INSPECCIÓN VISUAL, SEGÚN PLANOS DE MONTAJE)
12.	SOLERAS (FIRMES Y SEGÚN NIVEL DADO POR TRAZADOR)
13.	PLACAS (BUEN ESTADO SIN DEFORMACIONES EXCESIVAS, INSPECCIÓN VISUAL)
14.	REBALSES DE CAPITEL (SEGÚN TRAZADO Y DIMENSIONES DE PLANO DE CÁLCULO, INSPECCIÓN VISUAL)
Recepción	
15.	NIVELACIÓN DE PLACAS SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO (CONSULTAR A TRAZADOR)
16.	ESTANQUEIDAD DE PLACAS Y REBALSES DE CAPITEL (PLACAS JUNTAS SIN ESPACIOS EXCESIVOS, INSPECCIÓN VISUAL)
17.	DESMOLDANTE Y LIMPIEZA, EN PLACAS Y REBALSES DE CAPITEL (COLOCACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL)

A continuación, se detallan las modificaciones:

- Se agrega el punto 3 referente a verificar verticalidad de alzaprimas.
- Se suprime el punto de control “placa, rebalse y huinchas de sacrificio” y se colocan en forma individual como los puntos 13, 14. Y se suprime “huinchas de sacrificio” ya que no se colocan para el caso de los capiteles.
- Se suprime el punto de control “Instalación de carreras, barandas y rodapiés” ya que, es más útil revisar ese aspecto en moldaje de losas. Esto se explica por el hecho de que, en términos generales, las vigas (como también vigas semi-

invertidas e invertidas) son subelementos de losas en cuanto a al armado del moldaje y el hormigonado. Es decir, el moldaje de losas es la estructura principal y como elementos secundarios se arman los moldajes de capiteles y vigas.

- Se agrega el punto 11 referente a la longitud o modelo de las vigas primas y secundarias que se instalan según planos de montaje del proveedor de los equipos.
- Se agrega el punto 12 referente a la solera, que corresponde a un elemento de apoyo de las placas fijado al muro, éste puede ser un moldaje angosto o una solera de madera. donde se apoya la placa en la unión con los muros o columnas, tal como se muestra en la Figura 7-8.



Figura 7-8. Imagen de Solera en Moldaje de Losa
Fuente: Fotografía propia.

Adicionalmente al protocolo, los profesionales en terreno deben cumplir con los métodos y tiempos de reapuntalamiento y retiro de alzaprimas. A continuación, se presentan dos ejemplos, Figuras 7-9 y 7-10, en los que las especificaciones técnicas del proyecto de cálculo estructural indican la forma de retiro de alzaprimas en el reapuntalamiento.

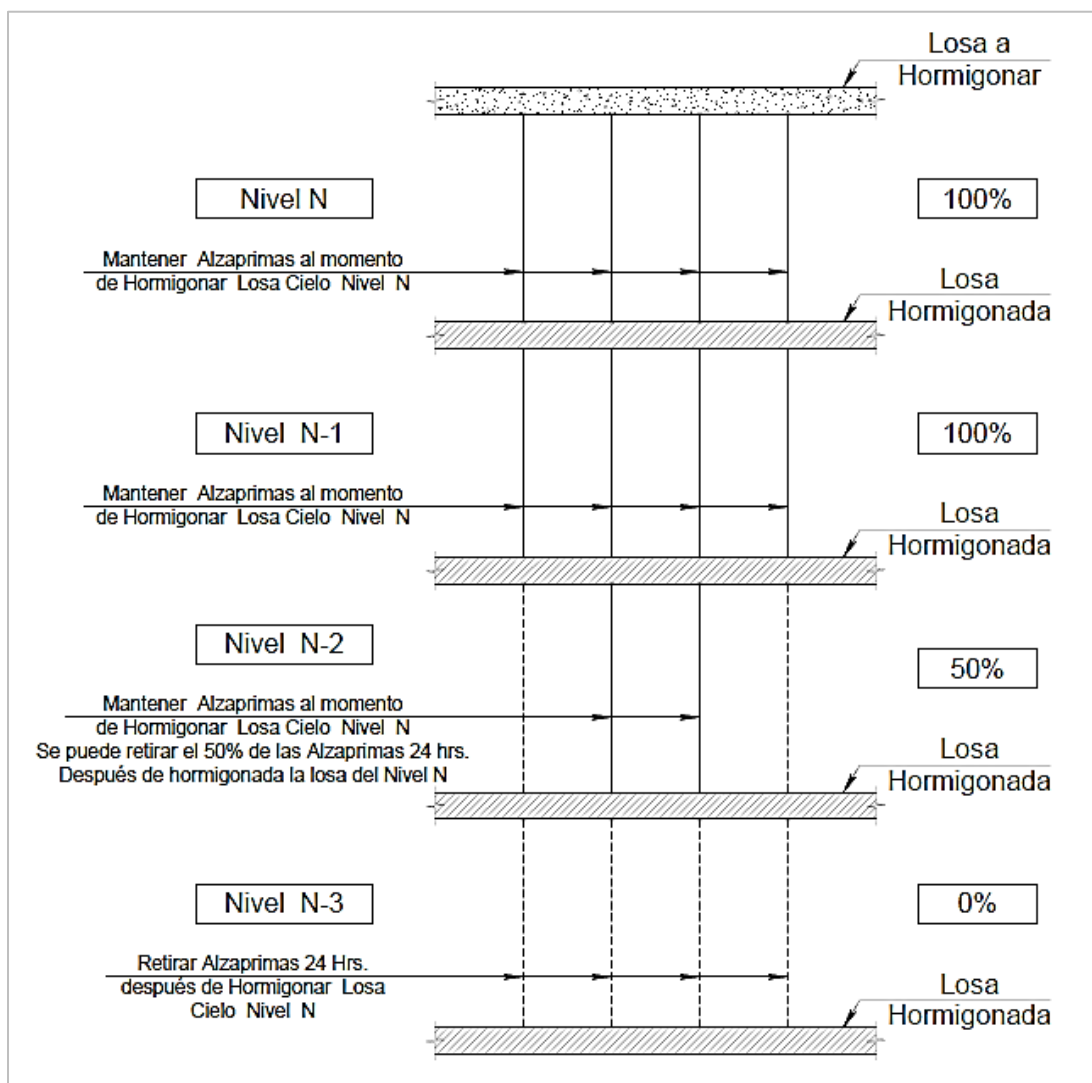


Figura 7-9. Método de retiro de alzaprimas de reapuntalamiento (1).
Fuente: Especificaciones técnicas proyecto de cálculo.

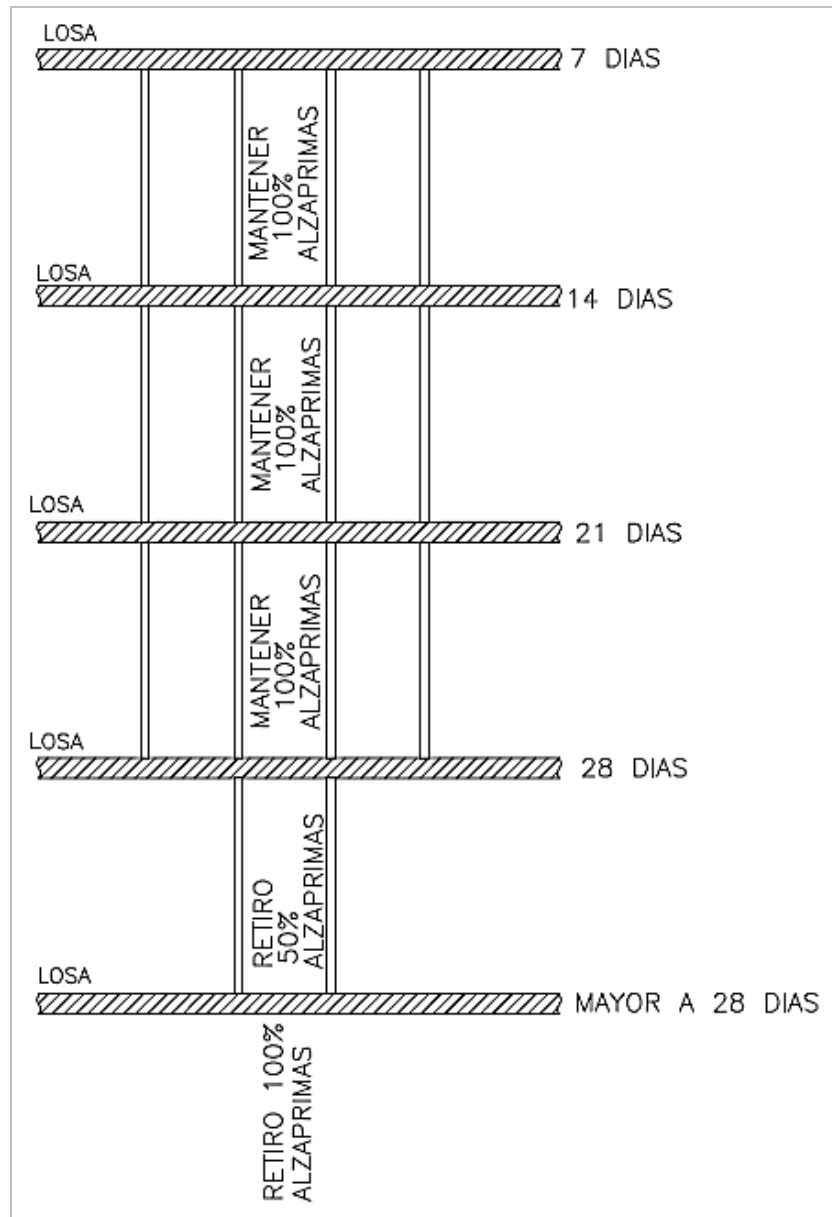


Figura 7-10. Método de retiro de alzaprimas de reapuntalamiento (2).
Fuente: Especificaciones técnicas proyecto de cálculo.

7.2 Armadura

En la Tabla 7-4 se presenta el protocolo de control final para armadura de losas.

Tabla 7-4. Protocolo de Control Final Armadura Losas

Control previo	
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE LOSA TERMINADO	(INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA O CAPATAZ DE MOLDAJE)
2. TRAZADO DE TABIQUERÍA Y SHAFT EN PLACA	(INSPECCIÓN VISUAL Y CONSULTAR A TRAZADOR Y/O PROFESIONAL DE TERRENO)
3. COLOCACIÓN MOLDE DE SHAFT EN PLACA	(SEGÚN TRAZADO PREVIO Y/O PLANOS DE CÁLCULO O ARQUITECTURA/TABIQUERÍA)
Ejecución	
4. MALLA INFERIOR, DIÁMETRO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
5. MALLA INFERIOR, ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
6. MALLA INFERIOR, LONGITUDES	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
7. PATAS	(APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCIÓN EN ZONA DE SUPLES, 6 A 9 POR METRO CUADRADO)
8. SUPLE, DIAMETRO	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
9. SUPLE, ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO CÁLCULO)
10. SUPLE, LONGITUDES	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
11. REPARTICIÓN, DIAMETRO	(SEGÚN EETT, A LO LARGO DE ZONA DE SUPLES)
12. REPARTICIÓN, ESPACIAMIENTO	(SEGÚN EETT, A LO LARGO DE ZONA DE SUPLES)
13. REFUERZO DE LOSA. BARRAS LONGITUDINALES, DIÁMETRO, CANTIDAD Y LONGITUD	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
14. REFUERZO DE LOSA. ESTRIBOS Y GANCHOS, DIAMETRO Y ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
15. REFUERZO DE SHAFT, DIÁMETRO Y CANTIDAD	(SEGÚN DETALLE DE PLANO CÁLCULO)
16. ANCLAJE DE SUPLES EN MURO. DIÁMETRO, LONGITUD, FORMA, ETC	(SEGÚN DETALLE DE PLANO CÁLCULO)
Recepción	
17. SEPARADORES	(APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN, 6 A 9 POR METRO CUADRADO)
18. AMARRAS	(EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)
19. ARRANQUES DE ELEVACIONES CORRECTOS, SUPRIMIR BARRAS DE CABEZALES, LATERALES O D.M DE MUROS O COLUMNAS POR DISMINUCIÓN DE ESPESOR EN ELEVACIÓN	(SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO, CONSULTAR PLANTA Y ELEVACIÓN CORRESPONDIENTE)

A continuación, se detallan las modificaciones:

- Se agrega el punto 2 referente a revisar la existencia del trazado de tabiques y shaft (pasadas). Esto es importante para la correcta colocación de las instalaciones eléctricas que van por tabique, como también para la correcta colocación del moldaje de shaft (pasadas)
- El punto de control “Malla inferior, Diámetro y Espaciamiento” se coloca en forma individual en los puntos 4 y 5. Y se agrega el punto 6 “Malla inferior, Longitudes”, ya que se debe verificar el largo de las barras que componen la malla inferior.
- Se agrega el punto 7, referente a las Patas o Sillas para sostener la armadura superior de la losa.
- Se agregan los puntos 8, 9, 10, 11 y 12. Las armaduras superiores de losas se denominan “Suples” y se deben revisar todos sus parámetros. Como también la armadura en el sentido transversal al Suple, llamada “Repartición”. Los Suples y la Repartición forman una malla.
- Se agregan los puntos 13 y 14 referentes a “Refuerzo de Losa”. Esta armadura es similar a una Viga, en general va ubicada en zonas de separación longitudinal de muros.
- Se agrega el punto 15 referente a “Refuerzo de Shaft”, que son armaduras para reforzar las “Pasadas” o “Shaft”
- Se agrega el punto 16 referente a “Anclajes de Suples en Muros”, que corresponden a la forma en que el suple va a generar anclaje en los elementos verticales. En general estos anclajes están especificados para los muros de borde de la losa, es decir, donde no hay continuidad de losa hacia el otro lado del muro.
- Se agrega el punto 19 referente a revisar si las elevaciones tienen sus arranques de armaduras correctos antes de hormigonar. Esto es importante en el caso de cambios de sección de muros o columnas en el piso correspondiente.

En la Figura 7-11 y 7-12 aparecen señalados los refuerzos de losa en un plano de armadura.

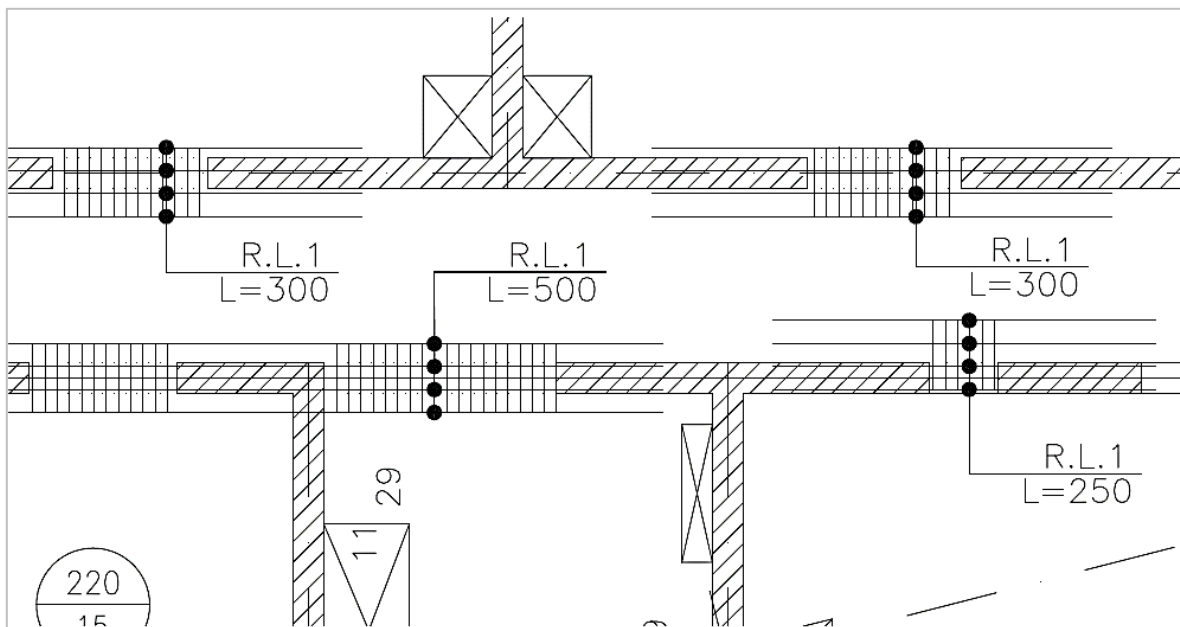


Figura 7-11. Plano de Armadura de Losas. Refuerzos de Losa y Shaft (Pasadas)
Fuente: Plano Proyecto de Cálculo

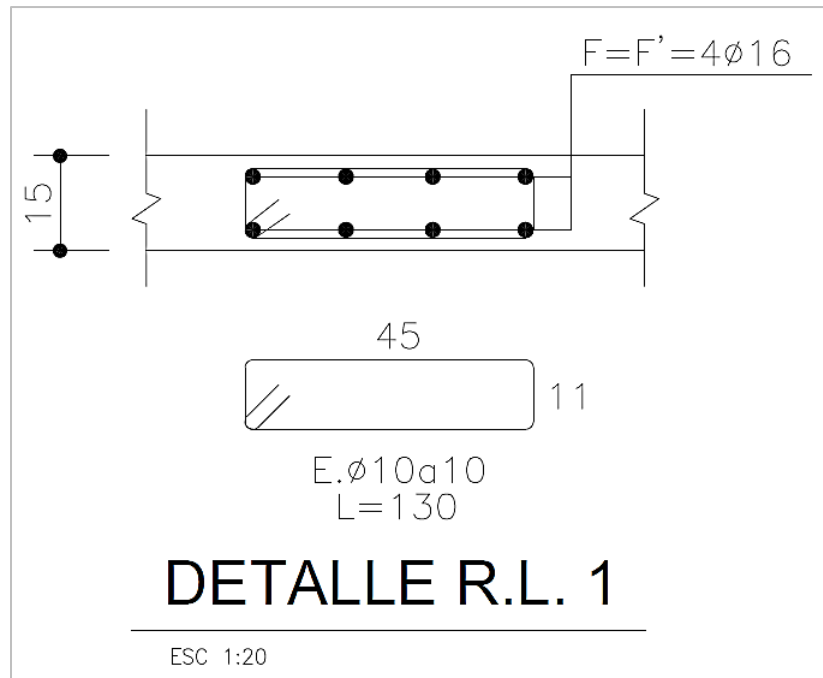


Figura 7-12. Ejemplo de Detalle Refuerzo de Losa
Fuente: Plano Proyecto de Cálculo

En la Figura 7-13 se muestra el detalle de armadura de un Shaft o Pasada.

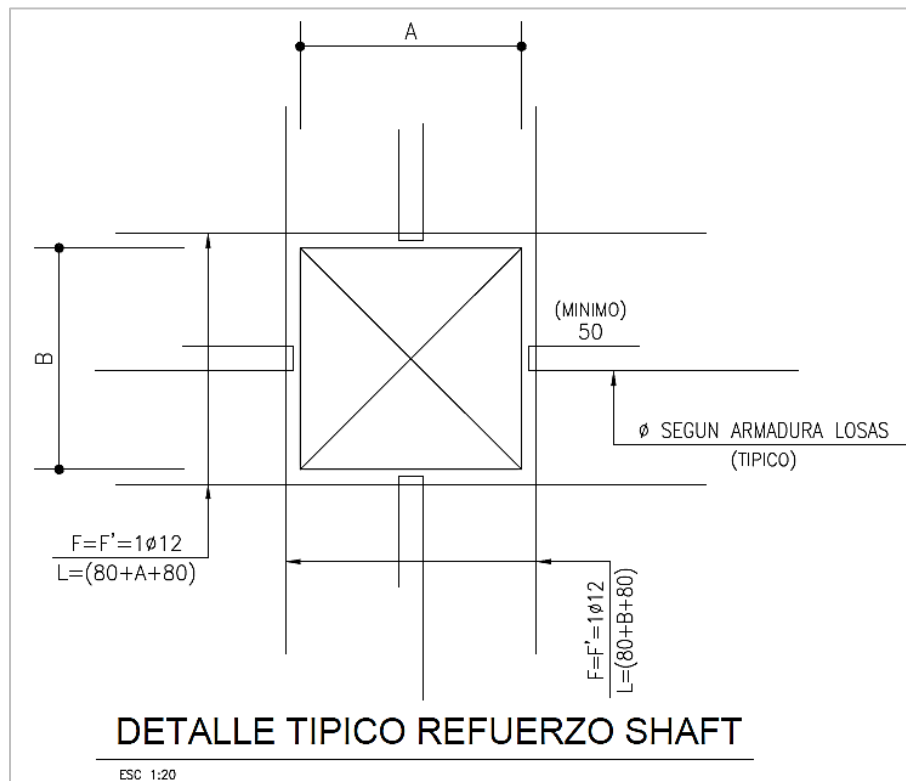


Figura 7-13. Ejemplo de Detalle Refuerzo de Shaft (Pasada)
Fuente: Plano Proyecto de Cálculo

En la Figura 7-14 se muestra el detalle del anclaje de los suples en los muros.

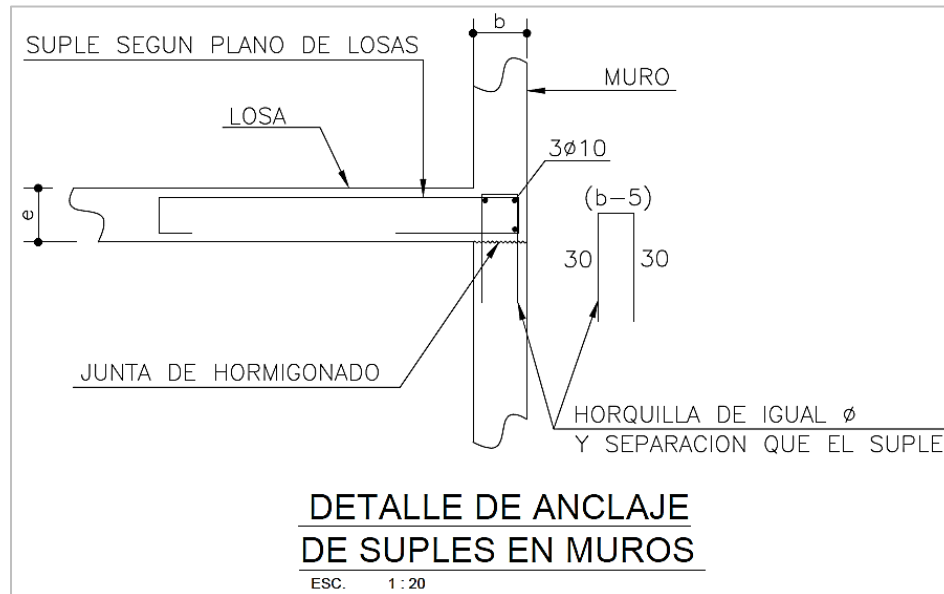


Figura 7-14. Ejemplo de Detalle de Anclaje de Suples en Muro
Fuente: Plano Proyecto de Cálculo

En la Tabla 7-5 se presenta el protocolo de control final para armadura de vigas.

Tabla 7-5. Protocolo de Control Final Armadura Vigas

<u>Control previo</u>
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE VIGA TERMINADO (INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA)
<u>Ejecución</u>
2. DIAMETROS DE BARRAS CAPAS EXTREMAS (SEGÚN PLANOS)
3. CANTIDAD DE BARRAS CAPAS EXTREMAS (SEGÚN PLANOS)
4. DIAMETROS DE BARRAS LATERALES (SEGÚN PLANOS)
5. CANTIDAD DE BARRAS LATERALES (SEGÚN PLANOS)
6. DIAMETRO DE ESTRIBOS (SEGÚN PLANOS)
7. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS (SEGÚN PLANOS)
8. DIÁMETRO TRABAS (SEGÚN PLANOS)
9. UBICACIÓN Y SEPARACIÓN TRABAS (SEGÚN PLANOS)
10. LONGITUD DE DOBLADO DE GANCHOS (4, 6 o 12 VECES EL DIÁMETRO SEGÚN CORRESPONDA)
11. ÁNGULO DE DOBLADO DE GANCHOS (SEGÚN PLANOS)
12. DIÁMETRO DE DOBLADO DE GANCHOS (¿SE OBSERVA DAÑO EN DOBLEZ?)
13. LONGITUD DE EMPALMES (SEGÚN PLANOS)
<u>Recepción</u>
14. SEPARADORES (APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN)
15. AMARRAS (EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)

Para el protocolo de control de armadura de vigas no se realizan modificaciones con respecto a la “segunda versión” del capítulo 8.

En la Tabla 7-6 se presenta el protocolo de control final para armadura de capiteles.

Tabla 7-6. Protocolo de Control Final Armadura Capiteles

<u>Control previo</u>	
1. INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE CAPITEL TERMINADO	(INSPECCIÓN VISUAL, CONSULTAR JEFE DE OBRA)
<u>Ejecución</u>	
2. MALLA INFERIOR, DIÁMETRO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
3. MALLA INFERIOR, ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
4. MALLA SUPERIOR, DIAMETRO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
5. MALLA SUPERIOR, ESPACIAMIENTO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
6. LONGITUDES DE PATA O DOBLADO	(SEGÚN PLANO DE CÁLCULO)
<u>Recepción</u>	
7. SEPARADORES	(APROX CADA 40 O 50 CM POR DIRECCIÓN, 6 A 9 POR METRO CUADRADO)
8. AMARRAS	(EN CRUCES DE BARRAS, APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCION)
9. PATAS	(APROX CADA 40 CM O 50 CM POR DIRECCIÓN)

Para el protocolo de control de armadura de capiteles no se realizan modificaciones con respecto a la “segunda versión”

7.3 Hormigonado

Para los protocolos finales de hormigonado se decide presentarlos en forma conjunta para losas y capiteles y por parte individual las vigas. Se consideran indicaciones de la nueva NCh170of2016 que en su nueva versión introduce algunos cambios. [13]. Y también se hacen otras modificaciones que se detallan más adelante:

En la Tabla 7-7 se presenta el protocolo de control final para hormigonado de losas y capiteles.

Tabla 7-7. Protocolo de Control Final Hormigonado Losas y Capiteles

Control previo
1. VERIFICAR CONDICIONES CLIMÁTICAS O DE TEMPERATURA (SEGÚN EETT)
2. TIPO DE HORMIGÓN (SEGÚN EETT)
3. TIEMPO DE TRANSPORTE A LA OBRA, MENOR A 2 HORAS (SEGÚN NCH1700F2016, CONTADO DESDE LA HORA DE CARGA HASTA LA HORA DE FIN DE DESCARGA)
4. TIEMPO DE TRANSPORTE EN LA OBRA, MENOR A 30 MINUTOS (SEGÚN NCH1700F2016, DESDE LA SALIDA DEL EQUIPO MEZCLADOR HASTA SU COLOCACIÓN)
5. ASENTAMIENTO DE CONO (SEGÚN EETT)
6. TEMPERATURA DEL HORMIGÓN ENTRE 5°C Y 35°C (CON TERMOMETRO AL MOMENTO DE MEDIR ASENTAMIENTO DE CONO)
7. LIMPIEZA PREVIO A HORMIGONADO (SOPLADOR Y/O HIDROLAVADORA) (INSPECCIÓN VISUAL)
8. RECEPCIÓN CONFORME DE ARMADURA (CONSULTAR CON CAPATAZ DE ARMADURA)
9. RECEPCIÓN CONFORME DE INSTALACIONES SANITARIAS Y ELÉCTRICAS (INSPECCIÓN VISUAL)
10. SEPARADORES DE ARMADURA (INSPECCIÓN VISUAL)
11. TRATAMIENTO DE JUNTA, PICADO SUPERFICIAL Y LAVADO. EN MUROS Y LOSA ANTIGUA (INSPECCIÓN VISUAL)
12. UBICACIÓN DE JUNTAS O FIN DE HORMIGONADO. REALIZACIÓN DE CORTADAS (SEGÚN NCH1700F2016. SEGÚN PROYECTO, SI NO ES ESPECIFICA, LA OBRA DEBE PROPONERLA)
Ejecución
13. ALTURA DE CAÍDA LIBRE DEL HORMIGÓN EVITANDO GENERACIÓN DE NIDOS SUPERFICIALES (SEGÚN NCH 1700F2016, INSPECCIÓN VISUAL)
14. COLOCACIÓN. COMENZAR DESDE EL CENTRO AVANZANDO SIMULTANEAMENTE HACIA EXTREMOS (INSPECCIÓN VISUAL)
15. COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN- VIBRADO CON EQUIPOS (SONDA) (INSPECCIÓN VISUAL, NO TOCAR ENFIERRADURA CON VIBRADOR)
16. PLATACHADO, APLICACIÓN DE CERCHA VIBRADORA Y/O ALISADORA DE PAVIMENTO (HELICÓPTERO) (ASEGURANDO UNA CORRECTA TERMINACIÓN SUPERFICIAL)
17. ESPESOR DE LOSA, UTILIZAR MARCADOR ("CHAPULINA") CORRESPONDIENTE (ESPESOR SEGÚN PLANOS DE CÁLCULO)
Recepción
18. TERMINACIÓN SUPERFICIAL (INSPECCIÓN VISUAL)
19. INSPECCIÓN DE NIDOS Y BARRAS A LA VISTA (INSPECCIÓN VISUAL, IDENTIFICAR Y NOTIFICAR A PROFESIONAL DE OBRA)

En la Tabla 7-8 se presenta el protocolo de control final para hormigonado de vigas.

Tabla 7-8. Protocolo de Control Final Hormigonado Vigas

Control previo
1. VERIFICAR CONDICIONES CLIMÁTICAS O DE TEMPERATURA (SEGÚN EETT)
2. TIPO DE HORMIGÓN (SEGÚN EETT)
3. TIEMPO DE TRANSPORTE A LA OBRA, MENOR A 2 HORAS (SEGÚN NCH1700F2016, CONTADO DESDE LA HORA DE CARGA HASTA LA HORA DE FIN DE DESCARGA)
4. TIEMPO DE TRANSPORTE EN LA OBRA, MENOR A 30 MINUTOS (SEGÚN NCH1700F2016, DESDE LA SALIDA DEL EQUIPO MEZCLADOR HASTA SU COLOCACIÓN)
5. ASENTAMIENTO DE CONO (SEGÚN EETT)
6. TEMPERATURA DEL HORMIGÓN ENTRE 5°C Y 35°C (CON TERMOMETRO AL MOMENTO DE MEDIR ASENTAMIENTO DE CONO)
7. LIMPIEZA PREVIO A HORMIGONADO (SOPLADOR Y/O HIDROLAVADORA) (INSPECCIÓN VISUAL)
8. RECEPCIÓN CONFORME DE ARMADURA (CONSULTAR CON CAPATAZ DE ARMADURA)
9. RECEPCIÓN CONFORME DE INSTALACIONES SANITARIAS Y ELÉCTRICAS (INSPECCIÓN VISUAL)
10. SEPARADORES DE ARMADURA (INSPECCIÓN VISUAL)
11. TRATAMIENTO DE JUNTA, PICADO SUPERFICIAL Y LAVADO. EN MUROS Y/O COLUMNAS (INSPECCIÓN VISUAL)
12. UBICACIÓN DE JUNTAS O FIN DE HORMIGONADO. REALIZACIÓN DE CORTADAS (SEGÚN NCH1700F2016. SEGÚN PROYECTO, SI NO ES ESPECIFICA, LA OBRA DEBE PROPONERLA)
Ejecución
13. ALTURA DE CAÍDA LIBRE DEL HORMIGÓN EVITANDO GENERACIÓN DE NIDOS SUPERFICIALES (SEGÚN NCH 1700F2016, INSPECCIÓN VISUAL)
14. COLOCACIÓN. COMENZAR DESDE EL CENTRO AVANZANDO SIMULTANEAMENTE HACIA EXTREMOS (INSPECCIÓN VISUAL)
15. COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN- VIBRADO CON EQUIPOS (SONDA) (INSPECCIÓN VISUAL, NO TOCAR ENFIERRADURA CON VIBRADOR)
16. ALTURA DE LLENADO (SEGÚN DIMENSIONES PLANOS DE CÁLCULO)
Recepción
17. TERMINACIÓN SUPERFICIAL (INSPECCIÓN VISUAL)
18. INSPECCIÓN DE NIDOS Y BARRAS A LA VISTA (INSPECCIÓN VISUAL, IDENTIFICAR Y NOTIFICAR A PROFESIONAL DE OBRA)

A continuación, se detallan las modificaciones:

- En el punto 1 se elimina el requerimiento específico de rango de temperatura ambiente y presencia de lluvia. Se deja indicado que debe ser según EETT.
- En el punto 3 y 4 solo se hace una modificación de nombre refiriéndose a Tiempo de Transporte a la obra y Tiempo de Transporte en la obra. En vez de Tiempo de Transporte y Tiempo de Colocación.
- En el punto 5 se elimina el rango de asentamiento de cono entre 4 y 10 centímetros, ya que en la nueva NCh170of2016 no especifica ningún rango. También se elimina la tolerancia, ya que en la nueva norma tampoco se especifica.
- Al punto 6 se le agrega una temperatura mínima.
- Se agrega el punto 10, ya que se observa en terreno que el Capataz o Encargado del Hormigonado pone especial atención a la colocación de separadores como una revisión previa a su actividad principal.
- En el punto 13, con respecto a la caída libre máxima del hormigón, se elimina el valor de altura máxima específico, ya que la nueva norma no lo especifica, sólo establece que debe ser una altura tal que evite generación de nidos superficiales.
- Para losas, se agrega el punto 17 referente a revisar si en la colocación de hormigón se cumple con el espesor de la losa. En general, los trabajadores encargados de esparcir el hormigón utilizan una barra de acero como marcador, la cual sumergen en el hormigón y comprueban la altura de llenado según el espesor de la losa.

En la Figura 7-15, 7-16 y 7-17 se muestran una fotografías en terreno, donde se observa a un trabajador utilizando un marcador para asegurar el espesor de losa correcto.



Figura 7-15. Trabajador utilizando marcador para espesor de losa.



Figura 7-16. Marcador de Losa o "Chapulina" para el caso de 15 cm de espesor



Figura 7-17. Marcador de Capitel o "Chapulina" para el caso de 30 cm de espesor

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

El trabajo de esta memoria se enmarca por una parte en el concepto de Controlar la Calidad, ya que se busca estandarizar protocolos de control (listas de chequeo), lo cual forma parte de la definición de Control, que se basa en monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades con el fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios. Y a su vez los protocolos tienen intrínseco dos aspectos relevantes del control de calidad, que son Listas de Verificación e Inspección.

Por otra parte, la estandarización de los protocolos de control, lleva consigo una componente de Planificación de Gestión de Calidad ya que se identifican requisitos o estándares de calidad para el proyecto.

A partir de los conceptos del manual de Inspección Técnica de Obras y del trabajo realizado, se reafirma uno de los conceptos importantes que se plantean. A mayor cantidad de actividades sometidas a un proceso de autocontrol, mejores serán los resultados particulares de cada una de ellas y el producto global. Y otro aspecto relevante es que los protocolos de control, que tanto más completos sean, mejores serán los resultados de calidad de las obras.

También es importante concebir los protocolos de control en un contexto dinámico en cuanto a la flexibilidad de incorporar, complementar o modificar su contenido, de acuerdo a la experiencia en la implementación. Este principio es el espíritu y pilar fundamental de esta memoria de título.

Cada una de las partidas de obra gruesa en estudio tiene su metodología y elementos fundamentales que la hacen ser una parte de un macro proceso. Tienen una interrelación entre ellas para lograr llevar a cabo la elaboración de los elementos estructurales en toda obra de edificación. Cada partida requiere de mano de obra especializada en cuanto a su comprensión, ejecución y control.

A partir de la información de control de calidad, recopilada de variadas empresas, se devela una realidad muy dispar de las empresas del sector de la construcción. Esto se traduce en diferencias muy apreciables en cuanto a sus metodologías en el ámbito de la calidad. Resulta inquietante que, a pesar que en términos generales los procesos y técnicas de construcción tienen un cierto grado de estandarización, homogeneidad y regularidad en la forma de realizarse en las distintas empresas y lugares del país, se tienen formas muy distintas de controlar la calidad de todas esas actividades.

En la elaboración de los protocolos de control se identifican, además de muchas diferencias, ciertas precariedades en los protocolos del grupo de empresas consideradas de Calidad Cloud.

De las visitas y tomas de datos en terreno, se extrae información en cuanto a las técnicas y procesos constructivos que sirven para elaborar los protocolos finales e incluir puntos de revisión que son intrínsecos de la partida y que no habían sido considerados.

De la estadía en terreno y los posteriores resultados obtenidos de las mediciones, se advierte una situación recurrente por parte de la actividad de control de calidad en obra. La situación mencionada corresponde a que los encargados de calidad, asistentes de calidad o revisores tienden a no marcar fallas cuando las hallan. En reemplazo, realizan las gestiones para solucionar los errores encontrados, para luego registrar el hallazgo como un cumplimento y no como una falla.

La estandarización de protocolos de control, trae consigo una gran oportunidad futura de generar un “panel de mercado comparativo”. Esto último se refiere a que, si el mercado de las empresas y obras controlaran su calidad con una base estándar, se pueden generar métricas y comparativas entre empresas o entre una empresa y “el mercado”, ya que estarían controlando su calidad con el mismo instrumento y parámetros de medición. Les permitiría a las empresas poder saber cómo están sus indicadores comparados con los del mercado. Esta comparación puede ser una gran herramienta de estrategia de marketing y difusión para una constructora o inmobiliaria.

8.2 Recomendaciones

En el contexto de la utilización de los protocolos de control propuestos en este trabajo, se recomienda hacer un uso con una metodología correcta en cuanto al orden y la manera de controlar la calidad.

Se debe tener una planificación de cómo y en qué momento se van a realizar los controles. Es importante tener presente el orden y la secuencia en los procesos de construcción, para no perder la oportunidad de medir algún parámetro o característica. Se enfatiza lo anterior, porque en algunas actividades de construcción ocurre que, ya realizado un proceso es imposible revisar su predecesor. En síntesis, se debe controlar alguna actividad o proceso en el momento oportuno. Adicionalmente se hace el supuesto que la persona que utilice los protocolos debe tener conocimientos mínimos de los procesos constructivos asociados, ya que se utilizan términos, conceptos y elementos técnicos en los puntos de revisión.

Por otro lado, las personas que utilicen los protocolos de control, deben estar familiarizadas con la interpretación y lectura de planos. Como también con todo tipo de indicación y notación de los mismos. Y adicionalmente se debe entender correctamente todo lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.

Todos los datos que una empresa constructora o inmobiliaria recopile de sus controles de calidad, deben ser usados para realizar acciones de mejoramiento continuo de los procesos. Ese es uno de los objetivos de la implementación de Calidad Cloud

9 REFERENCIAS

- [1] **RyR Optimiza.** *RYR OPTIMIZA.* [En línea] Septiembre de 2016. www.ryroptimiza.cl/calidad-cloud.
- [2] **International Standards Organization.** ISO 9000:2005. Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario. Ginebra, Suiza : s.n., 2005.
- [3] **Project Mangement Institute.** *Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®).* Newtown Square, Pensilvania : s.n., 2013.
- [4] **Ministerio de Vivienda y Urbanismo.** Decreto con Fuerza de Ley 458. Ley General de Urbanismo y Construcciones. 2018.
- [5] **Del Río Merino, M., del Solar Serrano, P. y Villoria Sáez, P.** *Los Sistemas de Gestión de la Calidad en la Edificación.* Madrid : s.n., 2013.
- [6] **García Meseguer, A.** *Fundamentos de calidad en construcción.* Sevilla : s.n., 2001.
- [7] **División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. MINVU.** Manual de Inspección Técnica de Obras . Santiago, Chile : s.n., 2007.
- [8] **Cámara Chilena de la Construcción.** Manual de Moldajes. 2014.
- [9] **DOM S.A Encofrados y Andamios.** *Sistema Losas TR .* 2016.
- [10] **Gerdau AZA.** Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón. Fabricación-Instalación-Protección. Santiago, Chile : s.n., 2005.
- [11] **INN.** *Norma Chilena NCh 170of1985.* 1985.
- [12] **PLANOK.** PLANOK. Un servicio, grandes soluciones. [En línea] Septiembre de 2016. <http://www.planok.com/sistemas/calidad-en-obra/>.
- [13] **INN.** *Norma Chilena NCh 170of2016.* 2016.

10 ANEXOS

Ver archivo adjunto de Anexos.