

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

Tomo 1

**“CONTROL DE CALIDAD PARA LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS EN
LA CONSTRUCCIÓN DEL METRO DE LIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

JUAN CABELLO MASGO

ASESOR

Dr. Ing. CÉSAR ALFREDO FUENTES ORTÍZ

Lima - Perú

2021

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Juan Cabello Masgo
jcabellomasgo@gmail.com
917338152

Dedicatoria

A mis padres Juan y Maura, por sus enseñanzas y valores inculcados, por su amor y apoyo incondicional en todo momento. A mis hermanos, los que sé que me acompañan siempre.

El autor

Agradecimiento

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y experiencias, a mi asesor el Dr. César Alfredo Fuentes Ortiz y a las personas que colaboraron con esta investigación.

El autor

	Pág.
RESUMEN.....	4
ABSTRACT	6
PRÓLOGO	8
LISTA DE CUADROS	9
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 GENERALIDADES	12
1.2 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 HIPOTESIS	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
2.1 LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	15
2.1.1 Concepto de Calidad	18
2.1.2 Falsas percepciones en realidad a la calidad.....	23
2.2 NORMA ISO 9001: 2015 - SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	24
2.2.1 Definición de la Norma ISO 9001:2015.....	25
2.2.2 Importancia de la Norma ISO 9001:2015.....	25
2.2.3 Principios de la Norma ISO 9001:2015	27
2.2.4 Requisitos de la Norma ISO 9001:2015.....	28
2.2.5 Estructura de la Norma ISO 9001:2015	28
2.3 GESTIÓN DEL PROYECTO.....	31
2.3.1 Gestión de la Calidad del proyecto	32
CAPÍTULO III: CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS 41	
3.1 LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	41
3.2 TÉCNICO RESPONSABLE O JEFE DE LA UNIDAD DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	41
3.3 CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO, CONCRETO PROYECTADOS Y MORTEROS PROYECTADOS.....	43
3.3.1 Ensayos previos	43

3.3.1.1 <i>Materiales básicos</i>	44
3.4 DETERMINACIÓN DE LA FORMULA DE TRABAJO	54
3.5 ENSAYOS DE CONTROL	56
3.5.1 Determinación de la resistencia media del hormigón	57
3.5.2 Primera modalidad de control: Control total	57
3.5.3 Segunda modalidad de control: Control estadístico	58
3.5.4 Principios de aceptación y rechazo	60
3.5.5 Ensayos de control de endurecimiento	60
3.5.6 Ensayos indirectos o no destructivos	61
3.5.7 Ensayos directos o destructivos	67
3.6 CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS DE CONCRETO EXCAVADAS CON CUCHARAS EN ESTACIONES	76
3.6.1 Control de materiales	76
3.6.2 Control de concreto	76
3.6.3 Control del acero del refuerzo	77
3.6.4 Control de las propiedades de los lodos bentoníticos	77
3.6.5 Control de la verticalidad durante la excavación	78
3.6.6 Comprobación de las armaduras	83
3.6.6.1 <i>Descabezado de las pantallas</i>	83
3.7 CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILAS PILOTES DE CONCRETO ARMADO EN ESTACIONES	93
3.7.1 Control de materiales	93
3.7.2 Control de concreto	93
3.7.3 Control del acero del refuerzo	93
3.7.4 Control de las propiedades de los lodos bentoníticos	94
3.8 PRUEBA DE CARGA EN FUNDACIONES PROFUNDAS DE LAS ESTACIONES	95
3.8.1 Datos básicos	95
3.8.2 Ejecución	97
3.8.3 Criterios de aceptación	100
3.9 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO INSITU EN ESTACIONES	101
3.9.1 Generalidades	101
3.9.2 Resumen del ensayo	101
3.9.3 Equipos	102
3.9.4 Ejecución	102
3.9.5 Criterios de aceptación	104

3.9.5.1 Mediciones de Deformación y de Tensión.....	104
3.10 CONTROL DE CALIDAD PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS DE CUBIERTA PARA LAS ESTACIONES.....	104
3.10.1 Control de Materiales.....	104
3.10.2 Control geométrico.....	105
3.11 CONTROL DE CALIDAD PARA LOS RELLENOS SOBRE LOSAS DE CUBIERTA DE LAS ESTACIONES.....	106
3.11.1 Datos básicos.....	106
3.11.2 Maquinaria y equipos.....	106
3.11.3 Materiales.....	107
3.11.4 Ejecución.....	109
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE NO CONFORMIDADES.....	111
4.1 DEFINICIONES.....	111
4.2 CRITERIOS ASUMIDOS PARA ESTABLECER UNA NO CONFORMIDAD.....	111
4.3 LISTADO DE NO CONFORMIDAD	112
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DEL PLAN DE CALIDAD PROPUESTO.....	144
5.1 ANALISIS DE LA MATRIZ DE NO CONFORMIDAD.....	145
5.2 ANALISIS DE TIEMPO Y COSTO POR RNC EMITIDA.....	148
5.3 MEJORAS AL PROCESO DE GESTION DE CALIDAD.....	149
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES.....	153
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
ANEXOS	155

RESUMEN

Para la ejecución de las obras es necesario que se tenga un buen control de calidad y más aún si se trata de megaproyectos en los que se tienen cantidades enormes de obra: vaciado de concreto, colocación de materiales, montaje de equipamiento electromecánico, etc. Tal es el caso de los nuevos proyectos subterráneos para ejecutar las líneas del Metro de Lima.

Muchos proyectos, al día de hoy, vienen siendo objeto de discusión técnica por no haberse hecho un buen control de calidad de los materiales o de los procesos constructivos. Estas obras que luego de inauguradas presentan imperfecciones por mala calidad de los materiales o por fallas en su ejecución vienen sufriendo fallas, rajaduras, etc. Por ello, contar con un sistema de control de calidad en las obras es importante pues permite que se cumplan con los objetivos principales del proyecto y no se generen mayores costos por la mala calidad de los materiales utilizados en su ejecución.

El proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima contempla la construcción de 27 km de vía subterránea mediante un túnel subterráneo que está de 10 a 22 m bajo tierra, un patio taller y 27 estaciones subterráneas para pasajeros.

Esta será la primera vez que en la ciudad de Lima se construyen estaciones subterráneas de pasajeros y túneles para metros. Para su construcción se emplean diferentes sistemas constructivos. Por ejemplo: estaciones ejecutadas por el método “de arriba hacia abajo”, estaciones ejecutadas por el método de “cortar y cubrir”, túneles ejecutados por TBM (máquina perforadora de túneles) y túneles ejecutados por el método NATM (Nuevo Método Austriaco).

El presente trabajo de tesis presenta lo que hoy en día es novedad en el sector construcción en el Perú. Por ello se resalta la importancia de contar con un Plan de Calidad para cumplir con uno de los objetivos del contratante, en este caso el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los capítulos desarrollados en la tesis enfocan principalmente el proceso de control de calidad aplicado a las principales actividades del proyecto en mención, así como también presenta las mejoras implementadas y los resultados obtenidos luego de la medición. Además, se propone el uso de los estándares de la

aplicación de la norma ISO 9001:2015, para lo cual se ha analizado las actividades del proyecto referido a la aplicación del Plan de Gestión de Calidad para la ejecución de las obras civiles.

La investigación se basa en analizar el Plan de Gestión de la Calidad del proyecto y la eficacia que este tuvo para la ejecución de la obra. Durante las visitas realizadas se detectaron algunas deficiencias que fueron registradas como No Conformidades. Estos registros generan una respuesta adecuada por parte de la organización conformando un proceso de aprendizaje de gran riqueza y utilidad, lo que favorece a la realización de importantes mejoras. La subsanación de todas estas observaciones arroja resultados de impacto de hasta un 3% adicional en los costos iniciales de actividades por frente de trabajo, tomando en consideración costos de tiempo y recursos. La gestión del tiempo o su ausencia ejerce un impacto directo en la calidad y los costos del producto final.

Se concluye que el Plan de Gestión de Calidad adoptado ayuda a que el proyecto se desarrolle de una manera ágil, ordenada y eficiente, teniendo como consecuencia la reducción de costos por retrasos en los procesos constructivos y agilidad en la toma de decisiones.

ABSTRACT

For the execution of the works, it is necessary to have a good quality control and even more so if it is megaprojects in which there are huge amounts of work: concrete emptying, placement of materials, assembly of electromechanical equipment, etc. Such is the case of the new underground projects to execute the Lima Metro lines.

Many projects, to date, have been subject to technical discussion due to not having made a good quality control of the materials or the construction processes. These works that, after being inaugurated, present imperfections due to poor quality of the materials or due to failures in their execution, have suffered failures, cracks, etc. Therefore, having a quality control system in the works is important because it allows the main objectives of the project to be met and higher costs are not generated due to the poor quality of the materials used in its execution.

The Line 2 project of the Lima Metro includes the construction of 27 km of underground track through an underground tunnel that is 10 to 22 m underground, a workshop yard and 27 underground stations for passengers.

This will be the first time that the city of Lima has built underground passenger stations and subway tunnels. Different construction systems are used for its construction. For example: stations executed by the "top down" method, stations executed by the "cut and cover" method, tunnels executed by TBM (tunnel boring machine) and tunnels executed by the NATM (New Austrian Method) method.

This thesis presents what is today a novelty in the construction sector in Peru. For this reason, the importance of having a Quality Plan is highlighted to meet one of the contractor's objectives, in this case the Ministry of Transport and Communications.

The chapters developed in the thesis focus mainly on the quality control process applied to the main activities of the project in question, as well as presenting the improvements implemented and the results obtained after the measurement. In addition, the use of the standards for the application of the ISO 9001: 2015 standard is proposed, for which the activities of the project have been analyzed,

referring to the application of the Quality Management Plan for the execution of civil works.

The research is based on analyzing the Quality Management Plan of the project and its effectiveness in carrying out the work. During the visits carried out, some deficiencies were detected that were registered as Non-Conformities. These records generate an adequate response on the part of the organization, forming a learning process of great wealth and utility, which favors the realization of important improvements. The correction of all these observations yields impact results of up to an additional 3% in the initial costs of activities per work front, taking into account time and resource costs. Time management or its absence has a direct impact on the quality and costs of the final product.

It is concluded that the adopted Quality Management Plan helps the project to develop in an agile, orderly and efficient way, resulting in the reduction of costs due to delays in construction processes and agility in decision-making.

PRÓLOGO


La presente Tesis elaborada por el Bachiller en Ingeniería Civil; Juan Cabello Masgo, presenta una literatura del control de calidad que se debe tener para obras subterráneas, específicamente enfocado al Metro de Lima y Callao. Se tiene entendido que en esta obra será muy diversa y con métodos constructivos novedosos para el país; como por ejemplo, estaciones subterráneas que serán ejecutadas por el método cut and cover desde arriba hacia abajo, túneles por el método austriaco, túneles con TBM, fabricación de elementos de concreto, etc.

La tesis incluye el desarrollo de un Plan para el control de calidad de las obras en sus áreas principales; estaciones de pasajeros subterráneas, túneles, patio talleres.

Se incluye también el desarrollo de No conformidades más importante que se pueden encontrar en el proyecto, así como sus posibles soluciones para corregir el proceso o producto.

También se ha desarrollado un fundamento teórico enfocado netamente en la Calidad en obras de construcción, se describen conceptos de calidad, la importancia de las normas ISO, el uso de las normas internacionales para obras subterráneas, etc.

Finalmente, quiero expresar que tengo la seguridad de que el presente trabajo de tesis será de gran apoyo para las futuras generaciones de ingenieros civiles en formación en nuestra casa de estudios.



César Fuentes Ortíz

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°2.1: Expertos de la Calidad, Aportes Significativos.....	15
Cuadro N°2.2: Principales diferencias entre Control de Calidad, Aseguramiento de Calidad y la Gestión de Calidad Total	17
Cuadro N°3.1: Propiedades del Lodo Bentonítico	94
Cuadro N°3.2: Frecuencia para verificación de las propiedades	108
Cuadro N°3.3: Frecuencia de ensayos para material de relleno	109
Cuadro N°5.1: Listado de RNC para los frentes de Obra	145
Cuadro N°5.2: Análisis de Causa por No Conformidad	146
Cuadro N°5.3: Análisis de Incidencia por No Conformidad	147
Cuadro N°5.4: Análisis del impacto Costo Vs Tiempo por No Conformidad.....	149

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°3.1: Productos de la familia de cementos comunes	49
Tabla N°3.2: Exigencias mecánicas y físicas dadas como valores característicos	50
Tabla N°3.3: Exigencias químicas dadas como valores característicos	51
Tabla N°3.4: Propiedades, métodos de ensayo y frecuencias mínimas de ensayos para el autocontrol del fabricante y procedimiento de verificación estadística ...	51
Tabla N°3.5: Frecuencia de ensayos según Norma UNE 83-607	56
Tabla N°3.6: Valores de K_n	60
Tabla N°3.7: Coeficientes de relación de Esbeltez.....	71
Tabla N°3.8: Parámetros a controlar en los lodos Bentoníticos	77
Tabla N°3.9: Programa de Puntos de Inspección(PPI)	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1: Diagrama General de la Gestión de la Calidad del Proyecto	16
Figura N°2.2: Modelo de mejoramiento continuo de la Norma ISO 9001:2015 ..	28
Figura N°2.3: Modelo PCDA/PHVA de autocontrol aplicable a los procesos de la empresa	30
Figura N°2.4: Diagrama Causa – Efecto	36
Figura N°2.5: Gráficos de Control	37
Figura N°2.6: Diagrama de Pareto	37
Figura N°2.7: Diagrama de Dispersión.....	38
Figura N°2.8: Diagrama de Pareto	40
Figura N° 3.1: Variación de la resistencia a compresión del H/MP con el tiempo	54
Figura N°3.2: Ensayos determinativos de la resistencia a compresión	62
Figura N°3.3: Valores para áridos entre 0 y 8 mm	64
Figura N°3.4: Valores para áridos entre 0 y 16mm	64
Figura N°3.5: Ensayos con pernos Hilti.....	65
Figura N°3.6: Gato de extracción	66
Figura N°3.7: Abaco de cálculo de la resistencia a compresión.....	67
Figura N°3.8: Artesa normalizada	68
Figura N°3.9: Proceso correcto de proyectar el molde del cual se extraen las probetas testigo.....	69
Figura N°3.10: Fibras metálicas para concreto	74
Figura N°3.11: Equipo de Sensor de coordenadas	78
Figura N°3.12: Vista frontal del Equipo de Sensor de Coordenadas	79
Figura N°3.13: Partes del Kelly en Pilotera	80
Figura N°3.14: Vista en planta de la Pilotera.....	81
Figura N°3.15: Vista en alzado del Kelly en la Pilotera	82
Figura N°3.16: Configuración general de un pilote–pila-pilote instrumentada para ensayo de O-CELL.....	96
Figura N°3.17: Esquema de la instrumentación	99
Figura N°3.18: Cabeza del pilote de prueba con instrumentación y cableado .	100
Figura N°3.19: Curva carga-deformación por encima y por debajo de la celda de carga	100
Figura N°3.20: Notese que en las juntas no se encuentran 4 puntas, solo 2 ...	105

Figura N°4.1: Ejecución de extracción testigos de concreto para pruebas de compresión, en la zona observada por el reporte de No conformidad	113
Figura N°4.2: Explicación y levantamiento topográfico a las secciones construídas en el proyecto para verificar la observación.....	115
Figura N°4.3: Acero expuesto en muros pantalla empotrados para la construcción del pozo de ataque en la zona del patio taller	117
Figura N° 4.4: Vista del muro guía reparado, acomodo de pernos adicionales en los encofrados para muros guía para una mejor sujeción	119
Figura N°4.5: Vista de la observación al muro guía construído en el tramo del túnel, también se muestra el levantamiento topográfico a la sección del túnel	120
Figura N°4.6: Vista de la observación al muro guía construído en el tramo del túnel	121
Figura N°4.7: Vista de la observación en la colocación de los pilares prefabricados del Patio Taller Santa Anita (PTSA).....	123
Figura N°4.8: Vista de la observación y levantamiento de la No conformidad, además de las pruebas que corroboran la aplicación de las medidas correctivas	125
Figura N°4.9: Toma de datos luego de presentarse el descenso de concreto en las pilas pilote observadas	135
Figura N°4.10: Toma de datos luego de ensayos de compresión a los testigos de concreto	136
Figura N°4.11: Observaciones que sustentan el reporte de no conformidad ...	138
Figura N°4.12: Observaciones que sustentan el reporte de no conformidad ...	138
Figura N°4.13: Toma de datos topográficos que sustentan la no conformidad	139
Figura N°4.14: Vaciado de grouting como medida correctiva.....	141
Figura N°4.15: Control de fisuras presentadas en las losas.....	142
Figura N°4.16: Control de anclajes en aceros de refuerzo	143
Figura N°5.1: Estadístico de RNC para los frentes de Obra.....	146
Figura N°5.2: Estadístico de RNC por causa emitida	147
Figura N°5.3: Estadístico de RNC vs Procedimientos de Control.....	148

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En la actualidad, existen varias iniciativas del gobierno peruano por mejorar el transporte urbano. Llegada la etapa de ejecución de las obras, dichas iniciativas contribuirán al crecimiento y dinamismo del sector construcción y ayudar a reducir la brecha en infraestructura y, por ende, hacer que el país sea más competitivo.

Para lo anteriormente descrito es necesario que en la ejecución de las obras se tenga un buen control de calidad, y más aún si se trata de megaproyectos en los que se tienen cantidades enormes de obra; vaciado de concreto, colocación de materiales, montaje de equipamiento electromecánico, etc. Tal es el caso de los nuevos proyectos subterráneos para ejecutar las líneas del metro de Lima.

Muchos proyectos en la actualidad vienen siendo objeto de discusión técnica por no haber hecho un buen control de calidad de los materiales o de los procesos constructivos; proyectos que vienen sufriendo fallas, rajaduras, obras que luego de inauguradas sufren desperfectos por mala calidad de los materiales o por fallas en su ejecución. Por ello la importancia de tener un sistema de control de calidad en las obras, lo cual permite que se cumplan con los objetivos principales del proyecto y no se generen mayores costos por la mala calidad.

Existe variada información bibliográfica en la FIC – UNI, relacionada al control de calidad de las obras civiles de diversos proyectos, pero hay muy poco o casi nada del control de calidad para una obra subterránea de gran envergadura como la construcción del Metro de Lima.

El control de calidad debe ser una exigencia y algo primordial, no solo para evitar que el cliente quede insatisfecho, sino también para reducir los riesgos o pérdidas futuras debido al poco o inexistente control de calidad en las obras.

En el primer capítulo de la presente tesis se muestra la introducción, el planteamiento de la realidad problemática, el objetivo general y específicos, la

hipótesis, con lo cual ayuda a comprender como se puede lograr tener clientes satisfechos cuando los productos o servicios se entregan con la calidad que demanda cada contrato.

El segundo capítulo hace referencia al fundamento teórico, en el que comprende definiciones de calidad para luego explicarnos como se realiza la gestión de calidad.

En el tercer capítulo de la presente tesis se presenta una breve descripción del proyecto a desarrollar, además del control de calidad de las obras subterráneas ejecutadas y los procedimientos de trabajo para el desarrollo de las mismas.

En el cuarto capítulo se presenta las pruebas y ensayos para el aseguramiento y control de calidad de las obras, describiendo las herramientas y controles en base al plan de calidad realizado, así como también el análisis de No Conformidades.

El quinto capítulo contiene la evaluación del Plan de Calidad propuesto, la cual nos muestra los resultados de las inspecciones y controles realizados en la gestión anterior. Además nos detalla las acciones correctivas y preventivas que se deben realizar para lograr un buen control de calidad.

Finalmente se mostrarán las conclusiones y recomendaciones, anexos; con la seguridad de contribuir con el presente trabajo en enriquecer la bibliografía de la ingeniería peruana. Además de aprender lecciones para los proyectos posteriores a ejecutar.

1.2 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la ejecución de obras en el país, se ven muchas deficiencias en cuanto a la calidad del producto terminado. Tal es el caso de importantes proyectos que actualmente vienen siendo objeto de observaciones en los que se han presentado fallas, serias rajaduras en el concreto y obras que con el corto paso del tiempo han llegado a deteriorarse demasiado rápido. Por ello es necesario tener un buen sistema de control de calidad dentro de las obras de construcción, y más aún si se trata de un megaproyecto como la construcción de una línea de

Metro, en el que se tienen diferentes tipos y frentes de obra trabajando al mismo tiempo y esto hace que la calidad muchas veces sea descuidada, también es necesario contar con personal calificado para este tipo de trabajo, el cual es un trabajo que por su tipo y método constructivo es la primera vez se realiza en el Perú.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Como objetivo principal de la presente tesis es desarrollar el Plan de Calidad para el control de las Obras en la construcción del túnel para el Metro de Lima.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Presentar el marco teórico enfocado al control de calidad de las obras civiles.
- Presentar las métricas de medición de calidad en algunos de los procesos de construcción.
- Presentar las mejoras que se pueden implementar para el control de calidad en las obras del Metro de Lima.

HIPÓTESIS

El control de Calidad adecuado en las obras ayuda a que se tenga un mejor producto, clientes satisfechos, cumplimiento de los plazos y del alcance del proyecto. Por ello este trabajo de control de calidad debe ir de la mano con la producción, y siempre respetando el buen manejo de los materiales, los procedimientos, protocolos, planos de construcción, especificaciones técnicas, normas técnicas y toda documentación de cumplimiento mínimo que se tenga en la obra. Ante ello la tesis pretende dejar una bibliografía que pueda ilustrar la manera más adecuada de control de calidad para la ejecución de obras subterráneas en el Metro de Lima y así evitar retrabajos, costos de mala calidad, terminar la obra en menor plazo posible, y el cumplimiento de los objetivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Hablar el tema de la calidad desde cualquier ángulo implica siempre serios compromisos que ineludiblemente obligan a referirse a los llamados cinco grandes expertos de la calidad, ellos son William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa y Philip B. Crosby. Por lo que en el Cuadro N° 1 explicaremos cuales son los principales aportes de cada experto de la calidad.

NOMBRE	PERIODO	PAÍS	PRINCIPALES APORTES
William Edwards Deming	1900 – 1993	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo Deming o PDCA • 14 Puntos para la Gestión • Exitoso ciclo de conferencias en Japón en 1950. • Difusor del concepto “Calidad Total” • Grandes aportes en campos Estadística y Control
Joseph Moses Juran	1904 – 2008	Rumania	<ul style="list-style-type: none"> • Trilogía de la Calidad: • Planificación, Control y Mejora Igual que Deming, sus aportes solo fueron reconocidos inicialmente en Japón • Difusor del principio de Pareto
Philip Bayard Crosby	1926 – 2001	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Creador del concepto “ Cero Defectos” 4 Principios de la calidad basados en la frase: “Hágalo bien a la primera vez” • La calidad como Filosofía de Gestión
Genichi Taguchi	1924 – 2012	Japón	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería de la Calidad, • Métodos para el Diseño del Producto, Desarrollo de • Procesos de Industrialización • La Función de Perdida de Taguchi, Concepto de la “No Calidad”
Armand Vallin Feigenbaum	1922	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto TQM: Total Quality Management • La calidad es un problema de toda la organización
Kaoru Ishikawa	1915 – 1989	Japón	<ul style="list-style-type: none"> • El diagrama “Espina de Pescado” • 7 Herramientas Administración

			<ul style="list-style-type: none"> de la Calidad • 11 Principios de la Calidad Destacó diferencias administrativas entre japoneses y occidentales
Tahichi Ohno	1912 – 1990	China	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto “Just in Time”
Masaaki Imai	1930	Japón	<ul style="list-style-type: none"> • Difusor del “Kaizen” Mejora Continua
Walter Andrew	1891 – 1967	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Control Estadístico de Procesos

Cuadro N° 2.1: Expertos de la Calidad, Aportes Significativos

Fuente: Internet

La gestión de la calidad comprende tanto el control de la calidad como el aseguramiento de la calidad, así como los conceptos suplementarios de política de la calidad, planificación de la calidad y mejoramiento de la calidad. La gestión de la calidad opera a todo lo largo del sistema de la calidad. Estos conceptos se pueden extender a todas las partes de una organización.

Conceptualmente, la gestión de la calidad es el conjunto de actividades de la función general de la dirección que determinan la política de la calidad, los objetivos y las responsabilidades y se lleva a cabo, tal como ya ha sido mencionado, por medios tales como la planificación de la calidad, la inspección, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y el mejoramiento de la calidad, en el marco del sistema de la calidad. (Ver Figura N° 2.1)



Figura N° 2.1: Diagrama General de la Gestión de la Calidad del Proyecto (Fuente: Internet)

La gestión de la calidad es responsabilidad de todos los niveles de dirección, pero debe ser conducida por el más alto nivel de la dirección. Su implementación involucra a todos los miembros de la organización y toma en cuenta los aspectos económicos. Como signo distintivo debe garantizar la participación activa y consciente de todo el personal de la empresa.

En el Cuadro N° 2.2 se presentan resumidamente algunas de las principales diferencias entre control de calidad, aseguramiento de calidad y la gestión de calidad total.

DIFERENCIAS	CONTROL DE CALIDAD	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL
FILOSÓFICAS	Clasificación de los productos de calidad después de su fabricación	Incorporación de la Calidad al producto, de forma planificada, desde la fase de desarrollo, a la entrega	Forma de dirigir la organización para con la colaboración de los empleados, mejorar la calidad de sus productos, de sus actividades y de sus objetivos.
OBJETIVOS	Detección de errores	Cumplir normas y especificaciones, y presentar prueba de ello en documentos escritos.	La mejora continua de la satisfacción de los clientes, internos y externos.
ALCANCE	Relacionado con el producto	Limitado al proceso de producción de un producto, junto con los procesos soporte, en tanto a que tienen relación directa con el producto final.	Principios de la gestión por procesos, entendiendo como tal "todo" lo que se hace en una organización.
REFERENCIAS	Especificaciones del producto.	Norma ISO 9001, en el manual de calidad derivado de ésta, y en los procedimientos escritos.	Expectativas de los clientes, voz de los empleados, planificación estratégica, gestión por procesos, resultados empresariales
RESPONSABILIDAD DE LA GESTIÓN	Departamento de calidad e inspectores	Orientada a asegurarse del cumplimiento de las instrucciones recogidas en la documentación	Orientada hacia el "LIDERAZGO", estableciendo competencias como una función de los objetivos empresariales
FORMACIÓN DEL PERSONAL	No se presta mucha atención	Exige que el personal sea formado en las tareas que debe desarrollar.	Formación continua, de función y de gestión. Búsqueda del compromiso y la motivación
COSTES	La calidad tiene un coste asociado	Los ahorros de costes consiguen indirectamente actuando de conformidad con el sistema de Calidad,	Control de costes dirigido a eliminar las prácticas de trabajo, productos y procedimientos que no

		mediante medidas correctoras. No es un objetivo directo	aportan valor, desde el punto de vista del cliente, interno y externo
CONCEPTO DE "CALIDAD"	La "Calidad" se obtiene de acuerdo a la conformidad con las especificaciones del producto final.	La "Calidad" se obtiene trabajando de conformidad con las normas, y se mide por el número de desviaciones	La "Calidad" se obtiene cuando es apreciada por los clientes. Es medida por los clientes, y por comparación con modelos y con otras organizaciones
SUMINISTRADORES	Se les presta poca atención	Elemento a exigir su conformidad con sistemas de aseguramiento. Relación de desconfianza	Esforzarse por la asociación basada en la confianza. Un suministrador, constituye un eslabón importante en la cadena de valor de la calidad
NORMAS	Especificaciones del producto	ISO 9001:2015	ISO 9004:2000 Premio Europeo Premio Iberoamericano

Cuadro N°2.2: Principales diferencias entre Control de Calidad, Aseguramiento de Calidad y la Gestión de Calidad Total.

Fuente: Tesis.- Implementación de los círculos de calidad en el Instituto Superior Tecnológico, Gutarra Montalvo, Víctor Alberto.

2.1.1. Concepto de calidad

Una definición objetiva y universal de "Calidad", es la de Philip Crosby: "Calidad es cumplir con los requerimientos o también el grado de satisfacción que ofrecen las características del producto o servicio, en relación con las exigencias del consumidor".

Como requerimiento se define a la relación cliente – proveedor que se establece de común acuerdo entre ellos respecto del cumplimiento de pautas o especificaciones acerca de los bienes o servicios que serán provistos. Si ambas partes coinciden en que las condiciones establecidas son posibles de cumplir, entonces se ha establecido un contrato de calidad.

La Calidad Total puede definirse también como el principio unificador que constituye la base de toda estrategia, planificación y actividad de la empresa, basado en la dedicación total al cliente. Es decir, la empresa se dedica por entero a la satisfacción del cliente.

Calidad Total es hacer las cosas bien desde el principio:

- ✓ Es hacer lo correcto (QUÉ)
- ✓ En la forma correcta (CÓMO)

- ✓ En la oportunidad correcta (CUÁNDO)
- ✓ A costos razonables (CÚANTO)

Entre los principales referentes del concepto de Calidad Total, se destaca primero a Edwards Deming, quien desarrolló los 14 Principios que resaltan la necesidad de una mejora continua (TQM) en el sistema de producción y servicio:

1. Hacer constante el propósito de mejorar la calidad del producto o servicio;
2. Adoptar la nueva filosofía;
3. Terminar con la dependencia de la inspección masiva;
4. Terminar con la práctica de decidir negocios en base al precio y no en base a la calidad;
5. Encontrar y resolver problemas para mejorar el sistema de producción y servicios, de manera constante y permanente;
6. Instituir métodos modernos de capacitación en el trabajo;
7. Instituir liderazgo con modernos métodos estadísticos;
8. Expulsar de la organización el miedo;
9. Romper las barreras entre departamentos de apoyo y de línea;
10. Eliminar metas numéricas, carteles y frases publicitarias que piden aumentar la productividad sin proporcionar métodos;
11. Eliminar estándares de trabajo que estimulen cantidad y no calidad;
12. Eliminar las barreras que impiden al trabajador hacer un buen trabajo;
13. Instituir un vigoroso programa de educación y entrenamiento; y
14. Crear una estructura en la alta administración que impulse día a día los trece puntos anteriores.

Los Siete Pecados Mortales de la Gerencia definidos por Edwards Deming son:

1. Carencia de constancia en los propósitos;
2. Enfatizar ganancias a corto plazo y dividendos inmediatos;
3. Evaluación de rendimiento, calificación de mérito o revisión anual;
4. Rotación gerencial y movilidad de la administración principal;
5. Dirigir el negocio basado solamente en base a las cifras visibles;
6. Costos médicos y salud excesivos; y
7. Costos excesivos de garantía, gastos legales demasiados altos.

Como segundo referente, Joseph Juran, quién también ha escrito sobre el Concepto de la Calidad, sostiene que “la calidad no sucede por accidente, debe ser planeada”. Considera una trilogía integrada por el:

- ✓ Planeamiento de calidad;
- ✓ Control de calidad; y
- ✓ Mejora de calidad.

Los tres procesos se relacionan entre sí.

El proceso comienza con la planificación de la calidad. El objeto de planificar la calidad es suministrar a las fuerzas operativas los medios para obtener productos que puedan satisfacer las necesidades de los clientes.

Una vez que se ha completado la planificación, comienza la producción. Luego se analiza que cambios se le deben al proceso para obtener una mejor calidad.

En su Plan de Acción, identifica los principales elementos necesarios para implementar en el Planeamiento Estratégico de Calidad de una empresa:

- Identificar quienes son los clientes;
- Determinar sus necesidades;
- Traducirlas al lenguaje de la organización;
- Desarrollar un producto que responda a dichas necesidades;
- Optimizar las bondades del producto para satisfacer las necesidades de la empresa, así como las de los clientes;
- Desarrollar un proceso capaz de producir el producto;
- Optimizar el producto;
- Comprobar que el proceso puede producir el producto bajo condiciones operativas; y
- Transferir el proceso a las operaciones.

A su vez mencionar a Armand Feigenbaum, creador del Control de la Calidad, incluyendo la medición y el control de la calidad en todas las etapas del proceso.

Define un sistema de Calidad Total como “la estructura de trabajo operativa común a toda la empresa y a toda la planta, documentada en procedimientos técnicos y gerenciales integrados y eficaces para guiar las acciones coordinadas de las personas, las máquinas y la información de la empresa de la manera más práctica

y mejor para asegurar la satisfacción de calidad del cliente y los costos económicos de la calidad”.

Los costos de la calidad, según él, pueden dividirse en:

- ❖ Costos preventivos: incluido el planeamiento de calidad;
- ❖ Costos valorativos: incluida la inspección;
- ❖ Costos por deficiencias internas: incluidos defectos y repetición del trabajo;
y
- ❖ Costos por deficiencias externas: incluidos los costos de garantía y anulación de productos.

Su definición del Control de Calidad Total se basa en 10 puntos de referencia fundamentales que establecen sobre la calidad:

1. Es un proceso de toda la empresa;
2. Es lo que el cliente dice que es;
3. La calidad y el costo es una suma, no una diferencia;
4. Requiere el entusiasmo de los individuos y los equipos;
5. Es un modo de gestión;
6. La calidad y la innovación dependen entre sí;
7. Es un principio ético;
8. Requiere una mejora continua;
9. Es el camino a la productividad más eficaz en relación con el costo y con menor intensidad de capital;
10. Se implementa dentro de un sistema total conectado a clientes y proveedores.

Estos puntos de referencia, como mencionamos anteriormente, hacen de la calidad un modo de enfocar a la empresa en su totalidad hacia el cliente, ya sea el consumidor final o el cliente interno de la misma empresa.

Para finalizar, es interesante resaltar la filosofía de Ishikawa, responsable de simplificar los métodos estadísticos utilizados para el control de calidad en la industria a nivel general, que se resume de la siguiente manera:

- La calidad empieza y termina con educación;
- El primer paso en calidad es conocer las necesidades de los clientes;

- El estado ideal del Control de Calidad es cuando la inspección ya no es necesaria;
- Es necesario remover las raíces y no los síntomas de los problemas;
- El control de calidad es responsabilidad de toda la organización;
- No se deben confundir los medios con los objetivos;
- Se debe poner en primer lugar la calidad, los beneficios financieros vendrá como consecuencia;
- La Mercadotecnia es la entrada y éxito de la calidad;
- La Alta Administración no debe mostrar resentimientos cuando los hechos son presentados por sus subordinados;
- El 95% de los problemas de la compañía pueden ser resueltos con las herramientas para el control de la calidad; y
- Los datos sin dispersión son falsos.

El Ing. Eduardo Firvida, uno de los referentes argentinos en materia de industrialización de la Construcción, ha resaltado algunos aspectos del concepto de Calidad, que toman especial trascendencia en países como el nuestro, con menor grado de desarrollo y recursos escasos donde es inaceptable su derroche.

Define la calidad de un producto, como la medida en que las propiedades del mismo “se adaptan a las necesidades del usuario” y en este sentido formula dos conceptos importantes: “**Calidad Económica**” y “**Dinámica de la Calidad**”.

Comparando el valor de uso de un producto para un usuario con la importancia de los sacrificios necesarios para adquirirlo que el mismo usuario, teniendo en cuenta el precio del producto y su poder de compra está dispuesto o tiene posibilidades de realizar, llega a definir **Calidad Económica** como:

$Q_e = V.U. - S.E.$ (Diferencia entre el Valor de Uso y el Sacrificio Económico)

Como consecuencia de ello, para decidir el nivel de calidad en que un producto debe ser fabricado, aparecen dos funciones:

a) Costos de la Calidad, que representa los sacrificios necesarios para adquirir el uso del producto, función del nivel de calidad y progresivamente ascendente y

b) **Beneficios de la Calidad**, que representa el Valor de Uso del producto, es decir su **Utilidad**, función también del nivel de calidad pero con pendiente decreciente.

Con recursos escasos, es necesario trabajar en el nivel de “**calidad óptima**” para no trabajar por encima de ella incurriendo en costos considerablemente mayores sin obtener una utilidad significativamente mayor o en sentido inverso, trabajar en niveles de calidad inferiores, con una pérdida de utilidad sin la compensación de economías importantes. Ambas situaciones implican un derroche, siendo en consecuencia, en términos de Calidad, la calidad óptima el equivalente a la eliminación de desperdicios.

Como el costo de la calidad y su beneficio no son funciones estables en el tiempo, sino mejorables a través de la innovación tecnológica, la mejor organización del proceso productivo, la conjunción de condiciones de habitabilidad con especificaciones técnicas, la capacitación, etc., el nivel óptimo de calidad se mueve permanentemente hacia niveles mayores de calidad, produciéndose lo que se denomina “**Dinámica de la Calidad**”.

2.1.2. Falsas percepciones en relación a la calidad

La calidad en nuestros países es considerada una característica socialmente deseable, pero su contribución a la rentabilidad de los negocios se mira como algo marginal, debido a ciertas concepciones erróneas, a continuación, mencionaremos las más frecuentes:

- ✓ Lograr productos y servicios de calidad es más costoso: Esta creencia contradice el principio que la mejora en los procesos de producción disminuye sustancialmente los costos finales del producto o servicio. Se piensa en los costos de la calidad, pero no en los costos de la no-calidad.
- ✓ Lograr la calidad conduce a una reducción en la productividad: Este concepto fue heredado de las primeras técnicas del control de calidad que consistían en separar los productos aceptables de los defectuosos. Las técnicas modernas en cambio enfatizan el control del diseño, evitando la producción de unidades defectuosas desde su concepción.

- ✓ El resultado final de la calidad está condicionado a la capacidad de la mano de obra: el culpar a los trabajadores por la baja calidad de los servicios o productos generados es la práctica común en las diferentes industrias, pero para poder realizar tal afirmación el empleador está en la obligación de realizar previamente lo siguiente:
 - Brindar la capacitación necesaria.
 - Entregar instrucciones detalladas de lo que deben hacer.
 - Establecer los medios adecuados para la verificación o evaluación de los resultados de las acciones de los trabajadores.
 - Entregar las correcciones necesarias para modificar el proceso productivo si la calidad de los productos obtenidos se considera inadecuada.

- ✓ La calidad se garantiza mediante una estricta inspección: La inspección por sí sola no puede realizar mejora alguna en las etapas previas al producto final. Estudios realizados en diferentes áreas productivas han determinado que entre el 60% y 70% de los defectos en los productos pueden atribuirse directa o indirectamente a errores cometidos en otras fases, como el diseño, la selección de proveedores y subcontratistas, entre otros.

2.2. NORMA ISO 9001:2015 – SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

La ISO 9001:2015 es la base del sistema de gestión de la calidad ya que es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).

Muchos oyen hablar de la ISO 9001:2015 por primera vez sólo cuando un posible cliente se acerca a preguntar si la empresa cuenta con esta certificación.

La norma ISO 9001:2015 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización, especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, para certificación o con fines contractuales.

ISO 19011: Especifica los requisitos para la realización de las auditorías de un sistema de gestión ISO 9001 y también para el sistema de gestión medioambiental especificado en ISO 14001.

2.2.1. Definición de la Norma ISO 9001:2015

La ISO 9001:2015 es una norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).

Esta acreditación demuestra que la organización está reconocida por más de 640.000 empresas en todo el mundo.

Cada seis meses, un agente de certificadores realiza una auditoría de las empresas registradas con el objeto de asegurarse el cumplimiento de las condiciones que impone la norma ISO 9001:2015. De este modo, los clientes de las empresas registradas se libran de las molestias de ocuparse del control de calidad de sus proveedores y, a su vez, estos proveedores sólo deben someterse a una auditoría, en vez de a varias de los diferentes clientes. Los proveedores de todo el mundo deben ceñirse a las mismas normas.

2.2.2. Importancia de la Norma ISO 9001:2015

ISO 9001:2015 es una norma adecuada para cualquier organización que busque mejorar el modo de funcionamiento y gestión, independientemente del tamaño o sector. Sin embargo, los mejores retornos de la inversión los obtienen las compañías preparadas para implementarla en toda la organización, no sólo en ciertas sedes, departamentos o divisiones.

ISO 9001:2015 se ha concebido, además, para ser compatible con otras normas de sistemas de gestión y especificaciones, como OHSAS 18001 Salud y seguridad en el trabajo e ISO 14001 Medio ambiente. Pueden integrarse a la perfección por medio de la gestión integrada.

Comparten muchos principios, por lo que optar por un sistema de gestión integrada puede constituir una inversión excelente.

- ✓ Ventaja competitiva, ISO 9001:2015 debe estar impulsada por la alta gerencia, hecho que garantiza que la cúpula directiva dé un enfoque estratégico a los sistemas de gestión. Nuestro proceso de evaluación y certificación garantiza que los objetivos empresariales fluyen constantemente hacia los procesos y prácticas de trabajo a fin de asegurar que los activos se potencien al máximo.
 - ✓ Mejora el rendimiento empresarial y gestiona los riesgos empresariales ISO 9001:2015 ayuda a los directivos a aumentar el rendimiento de la organización situándola en un nivel superior al de los competidores que no utilizan sistemas de gestión. La certificación facilita también la medición del rendimiento y permite gestionar mejor los riesgos empresariales.
 - ✓ Atrae inversiones, mejora la reputación de la marca y elimina barreras al comercio La certificación según ISO 9001:2015 potencia la reputación de marca de la organización y puede convertirse en una potente herramienta promocional. Envía un mensaje claro a todas las partes interesadas poniendo de manifiesto que es una compañía comprometida con el cumplimiento de las normas y la mejora continua.
- Ahorra dinero; Las pruebas demuestran que los beneficios financieros de las compañías que han invertido en un sistema de gestión de la calidad y en la certificación de éste según la norma ISO 9001:2015 incluyen eficiencia operativa, aumento de las ventas, mayor retorno de la inversión y mayor rentabilidad.
- Racionaliza las operaciones y reduce los residuos
- La evaluación del sistema de gestión de calidad se centra en los procesos operativos. Esto alienta a las organizaciones a mejorar la calidad de los servicios y productos que suministran y ayuda a reducir los residuos y las reclamaciones de los clientes.

- Fomenta la comunicación interna y levanta la moral

ISO 9001:2015 garantiza que los empleados se sientan más implicados gracias a las mejoras de la comunicación. Las visitas de evaluación continua pueden detectar cualquier falta de aptitud y detectar problemas del trabajo en equipo.

- Aumenta la satisfacción del cliente

La estructura “planear, hacer, verificar, actuar” de la norma ISO 9001:2015 garantiza que se tengan en cuenta y satisfagan las necesidades del cliente.

2.2.3. Principios de la Norma ISO 9001:2015

- ❖ Enfoque al usuario: Las organizaciones dependen de sus usuarios y por lo tanto deberían comprender sus necesidades de servicio actuales y futuras, satisfacer sus requisitos y esforzarse en exceder las expectativas de los mismos
- ❖ Liderazgo: Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- ❖ Participación del personal: El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- ❖ Enfoque basado en procesos: Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- ❖ Enfoque del sistema hacia la gestión: Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- ❖ Mejora continua: La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.
- ❖ Enfoque basado en hechos para la toma de decisión: Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

- ❖ Interrelaciones de mutuo beneficio: Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor en el servicio.

2.2.4. Requisitos de la Norma ISO 9001:2015

La ISO 9001:2015 es una norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

2.2.5. Estructura de la Norma ISO 9001:2015

La norma ISO 9001:2015 está estructurada en diez capítulos, refiriéndose los tres primeros a declaraciones de principios, estructura y descripción de la empresa, requisitos generales, etc., es decir, son de carácter introductorio. Los capítulos cuatro a diez están orientados a procesos y en ellos se agrupan los requisitos para la implantación del sistema de calidad (Ver Figura N° 2.2).

A la fecha, ha habido cambios en aspectos claves de la norma ISO 9001, a setiembre del 2015, la norma 9001 varía.

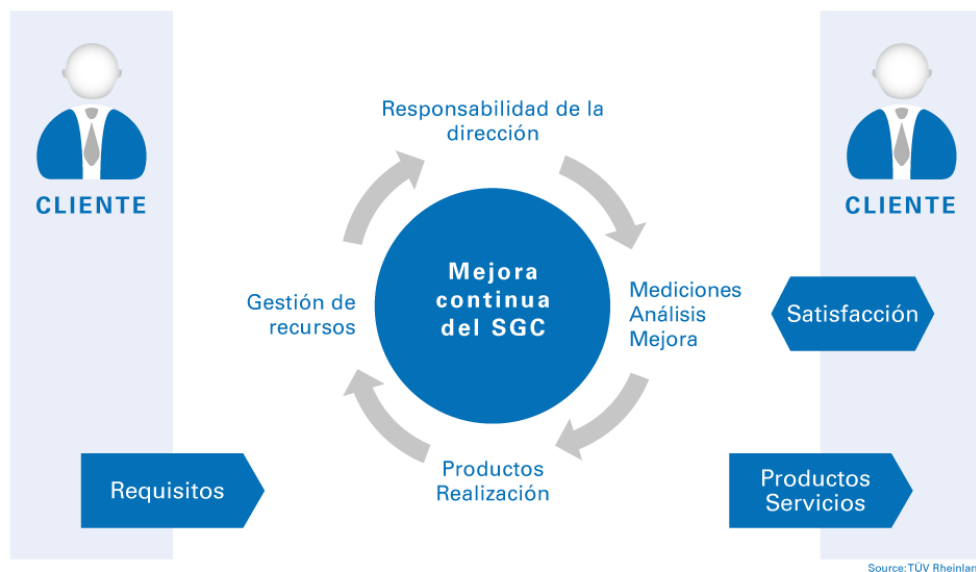


Figura N°2. 2: Modelo de mejoramiento continuo de la Norma ISO 9001:2015
(Fuente: Internet)

Los diez capítulos de ISO 9001: 2015 son:

1. Objeto y campo de Aplicación

2. Referencias Normativas

3. Términos y definiciones.

4. Contexto de la Organización

5. Liderazgo

- 6. Planificación:** La planificación se centra en la identificación de riesgos y oportunidades los cuales impactan el alcance del sistema. Al mismo tiempo que elimina la necesidad de acciones preventivas definidas en la versión 2015 de la norma, esta cláusula fortalece los requisitos para la gestión del cambio y de riesgos.

6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades, determinar acciones para identificar riesgos y oportunidades. Se debe tener en cuenta que dichos riesgos y oportunidades deben de ser proporcionales al impacto potencial que puedan tener en la conformidad del producto o servicio.

6.2 Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos, Los objetivos de la calidad deben de ser consistentes con la política de calidad, además deben de ser relevantes para la conformidad de los productos o servicios, así como mejorar la satisfacción del cliente.

6.3 Planificación de los cambios

La planificación de los cambios debe de ser realizada de manera sistemática y planificada. Es necesario identificar: las consecuencias potenciales del cambio, quien estará involucrado, cuando los cambios sucederán, y que recursos se necesitarán.

7. Apoyo

8. Operación

9. Evaluación de Desempeño

10. Mejora

ISO 9001:2015 tiene muchas semejanzas con el famoso “Círculo de Deming o PDCA”; acrónimo de Plan, Do, Check, Act (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) (Ver Figura N° 2.3). Está estructurada en cuatro grandes bloques, completamente lógicos, y esto significa que con el modelo de sistema de gestión de calidad basado en ISO se puede desarrollar en su seno cualquier actividad.

La ISO 9001:2015 se va a presentar con una estructura válida para diseñar e implantar cualquier sistema de gestión, no solo el de calidad, e incluso, para integrar diferentes sistemas.

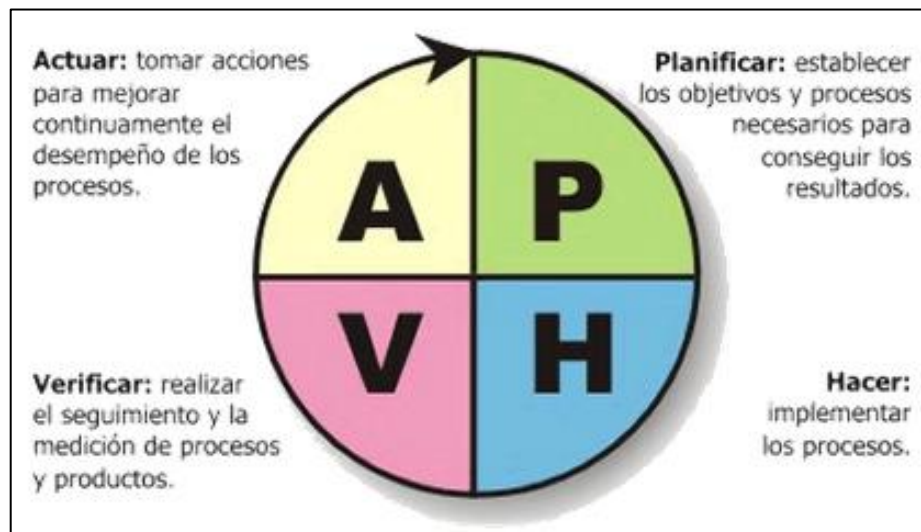


Figura N° 2.3: Modelo PCDA/PHVA de autocontrol aplicable a los procesos de la empresa (Fuente: Internet)

2.3. GESTIÓN DEL PROYECTO

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto o resultado único. Todo proyecto tiene una característica, que es temporal, por lo que siempre están definidos su inicio y fin. Se puede decir que el fin es alcanzado cuando se logra cumplir con los objetivos establecidos o cuando alguno de ellos no se puede cumplir evitando su desarrollo y cuando simplemente deja de ser necesario para el cliente.

Algunas de sus características son las siguientes:

- Temporal: debe ser completado en un tiempo definido el cual varía según la magnitud del proyecto.
- Produce un servicio o producto único: este es medible, tangible y sus características fueron establecidas entre el cliente y el desarrollador previo al inicio.
- Presupuesto: es fundamental en la etapa de planeación, ya que de él depende su realización o no, este ubica al desarrollador sobre las cantidades de material, equipo y mano de obra necesarios, además de dar un monto aproximado del costo total de la obra.

Cuando hablamos de temporal no necesariamente significa de corta duración, porque como se dijo esto dependerá de la magnitud de la obra a realizar.

En la mayoría de los casos, la presencia de proyectos en un lugar tiene un impacto social, ambiental y económico importante, al ser generadores de cambio.

Todo proyecto puede generar:

- Un producto, que puede ser parte de un elemento más complejo o un elemento final.
- La capacidad de realizar un servicio.
- Un resultado tal como un producto o un documento.
- Al dirigir un proyecto por lo general se debe de lograr abarcar los siguientes aspectos:
 - ✓ Identificar requisitos.
 - ✓ Enfrentar las necesidades del cliente y satisfacerlas.
- Mantener un equilibrio en los siguientes aspectos:
 - ❖ el alcance

- ❖ la calidad
- ❖ el cronograma
- ❖ el presupuesto
- ❖ los recursos
- ❖ el riesgo

Este equilibrio es importante, ya que el incumplir con alguno de los aspectos puede afectar en el desarrollo del proyecto y evitar cumplimiento de los objetivos.

El área del conocimiento desarrollada en este presente informe es la Gestión de calidad del proyecto.

2.3.1. Gestión de la calidad del proyecto

Esta incluye los procesos y actividades de la fase de ejecución que determinan las responsabilidades, objetivos y políticas de calidad, para que el proyecto logre cumplir con las necesidades por la cuales fue emprendido.

La calidad del proyecto es uno de los aspectos más importantes en todo proyecto, donde su cumplimiento es la clave para alcanzar el éxito y por ende la satisfacción del cliente, lo cual es el principal objetivo. Esta debe incluir a todas las actividades del proceso de ejecución para determinar los objetivos, políticas y responsabilidades relativas a la calidad.

Los procesos de gestión de la calidad del proyecto incluyen:

- A. Planificación de Calidad
- B. Realizar Aseguramiento de la Calidad
- C. Realizar Control de Calidad.

La gestión de la calidad es un complemento de la dirección de proyectos, donde cada proceso debe asegurar el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- ✓ La satisfacción del cliente
Es el aspecto más importante a cumplir, en el cual se busca entender, evaluar, definir y gestionar las expectativas del cliente.

- ✓ La prevención antes que la inspección
La prevención es fundamental en la gestión de la calidad de proyectos en la actualidad, ya que el costo de prevención de errores es mucho menor al costo de corrección de errores detectados en la inspección.
- ✓ La mejora continua
Es la base de la mejora de la calidad, donde se busca por medio de planificación previa la constante revisión de procesos, para ser analizados y modificados en casos de presentar problemas, lo que lleva a la mejora continua.
- ✓ La responsabilidad de la dirección
Este aspecto se vuelve indispensable al aplicar un plan de gestión de calidad, ya que de no involucrarse el personal en la búsqueda de la calidad esta fracasa, llevando todo el esfuerzo realizado a la basura.

A. Planificación de la calidad:

La planificación de la Calidad es un proceso donde se busca identificar los requisitos de calidad y las normas vigentes aplicables, de esta manera se idea la forma en que el proyecto cumpla con los mismos. Esta planificación debe ser desarrollada en forma paralela a los demás procesos involucrados en la Planeación del Proyecto, esto porque todos están ligados de una u otra forma, como puede ser que el aumento de calidad del producto aumente el costo y la duración, por lo que siempre hay que hacer ajustes a los planes.

La estructura de la planificación de calidad de un proyecto deberá contar con los siguientes documentos:

- ✓ PGC - Plan de Gestión de Calidad Obra: es un documento que indica los lineamientos del proyecto con respecto a la calidad del mismo, cada proyecto elaborará un plan de calidad teniendo los lineamientos que se exponen en el presente documento.

- ✓ ITT - Instrucciones Técnicas de Trabajo: son procedimientos de producción, se elaborará una ITT para cada proceso de producción identificado en el Mapa de Procesos la cual deberá ser conocida por la línea de mando de producción mediante la difusión de los mismos.
- ✓ ITC - Instrucciones Técnicas Complementarias: son procedimientos que describen un proceso productivo específico o describen una metodología a utilizar para realizar una prueba, etc, en el caso que sea necesario se elaborará una ITC.
- ✓ Registros - Protocolos: son aquellos que evidencian las revisiones y verificaciones de los procesos conforme a planos, cuadro de acabados, normas, RNE y/o especificaciones técnicas, estos se anexarán a cada ITT o ITC. En estos registros deberá participar la supervisión dando conformidad de los procesos que se vienen ejecutando.
- ✓ Registros de reuniones: se registrarán todas las charlas, capacitaciones en temas de calidad y las reuniones de análisis de causas y acciones correctivas para los problemas que se presentarán en obra.
- ✓ Dossier de Calidad: documento en físico que recopila la documentación resaltante del proyecto con respecto a temas de calidad, será entregado a la supervisión para su aprobación al finalizar el mismo o al concluir etapas, este debe contener los certificados de calidad y/o cartas de garantía de los materiales, certificado de calibración de equipos y/o validaciones, protocolos y/o registros que se desarrollaron a lo largo del proyecto.
- ✓ Check List de entrega de departamentos: es un formato que garantiza la entrega completa y conforme de cada departamento de parte de la empresa constructora a la empresa supervisora. Este documento no reemplaza a los protocolos que la constructora presentará por procesos, asimismo, deberá participar la supervisión dando conformidad de recepción.

Nota Importante 1: Estos documentos deberán ser presentados por la empresa constructora previo al inicio de las partidas, a excepción del plan de calidad que deberá presentarse un preliminar en el expediente técnico del concurso de licitación y la versión final a la firma del contrato y el dossier de calidad que será presentado al término del proyecto o de sus etapas.

Asimismo, serán presentados, revisados, aprobados y exigidos por la supervisión.

Nota Importante 2: Para la elaboración de los ITT y/o protocolos deberán tener en cuenta los indicadores de procesos y producto. Después, de haber sido aprobado los ITT's y se requiera hacer un cambio, esta podrá ser aceptado siempre y cuando exista mejora en los procesos o acabado final.

Asimismo, cabe resaltar que la constructora podrá elaborar y utilizar sus propios formatos para los protocolos y check list de entrega de departamentos, teniendo en cuenta los modelos adjuntos en los anexos, ya que deberán contener como mínimo los criterios de revisión que se indican en dichos formatos. Estos deberán ser revisados y aprobados por la supervisión previo inicio del proceso a inspeccionar.

B. Realizar el aseguramiento de la calidad:

El aseguramiento de la calidad se logra al analizar los requisitos de calidad junto con los resultados obtenidos por los documentos de control, a fin de garantizar que se emplee en la obra las normas de calidad adecuadas.

En algunas empresas las actividades de aseguramiento son supervisadas por departamentos de aseguramiento de control de calidad creados para tal fin.

Por otra parte, se tiene que el aseguramiento de la calidad es una forma de mejora continua de los procesos, ya que al ser un método que se realiza periódicamente, logra corregir a tiempo problemas antes de que se conviertan en errores en la cadena productiva.

C. Realizar el control de calidad:

El Control de Calidad es el proceso en el que se mantienen monitoreadas las actividades de calidad y a la vez se registran los resultados que generan, para evaluar el desempeño logrado y hacer los cambios necesarios. El control debe realizarse durante todo el proyecto y es realizado por un departamento de Control de Calidad, para poder identificar las deficiencias de la calidad en los procesos y a la vez iniciar acciones para corregirlas.

Existen 07 herramientas básicas para el control de calidad que pueden ser descritas genéricamente como métodos para la mejora continua y la solución de problemas.

Las siete herramientas básicas de la calidad son:

1. Diagrama Causa – Efecto (también llamado gráfico de Ishikawa o espina de pescado).
2. Diagrama de flujo (Puede sustituirse por estratificación o por gráfico de ejecución).
3. Hojas de verificación o de chequeo.
4. Diagrama de Pareto.
5. Histogramas.
6. Diagramas o gráfico de control.
7. Diagramas de dispersión.

Diagrama Causa - Efecto. Ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de efectos deseados.

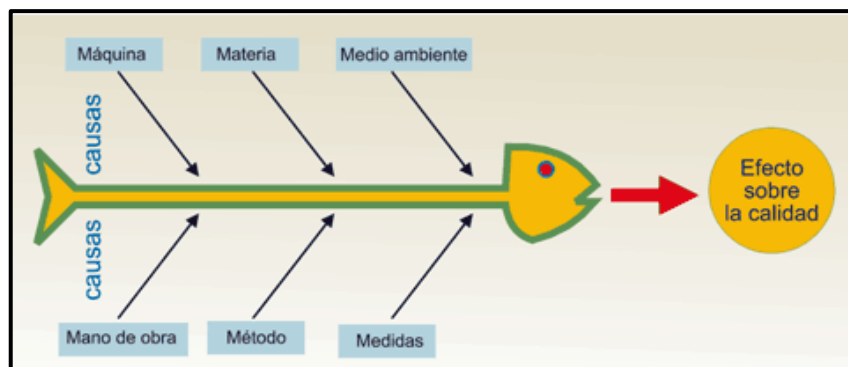


Figura N° 2.4: Diagrama Causa – Efecto
Fuente: Internet

- ❖ **Hoja de Control.** Registro de datos relativos a la ocurrencia de determinados sucesos, mediante un método sencillo.
- ❖ **Gráficos de Control.** Herramienta estadística utilizada para controlar y mejorar un proceso mediante el análisis de su variación a través del tiempo.

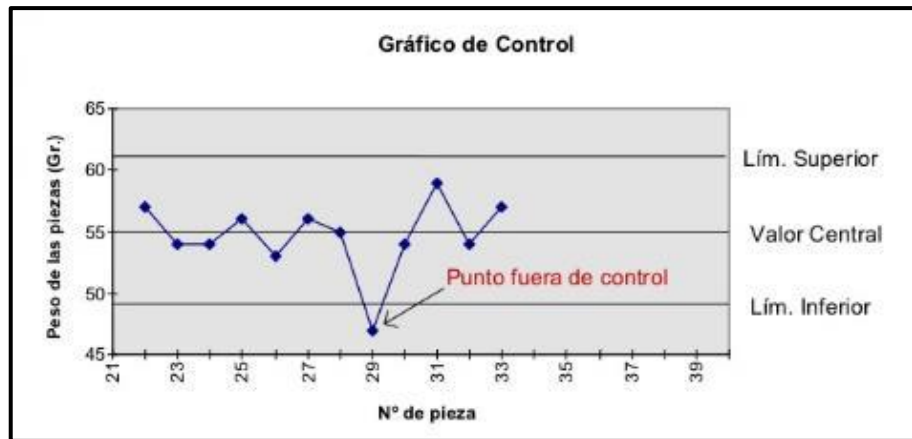


Figura N° 2.5: Gráficos de Control
Fuente: Internet

- ❖ **Histograma.** Gráfico de barras verticales que representa la distribución de frecuencias de un conjunto de datos.
- ❖ **Diagrama de Pareto.** Método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

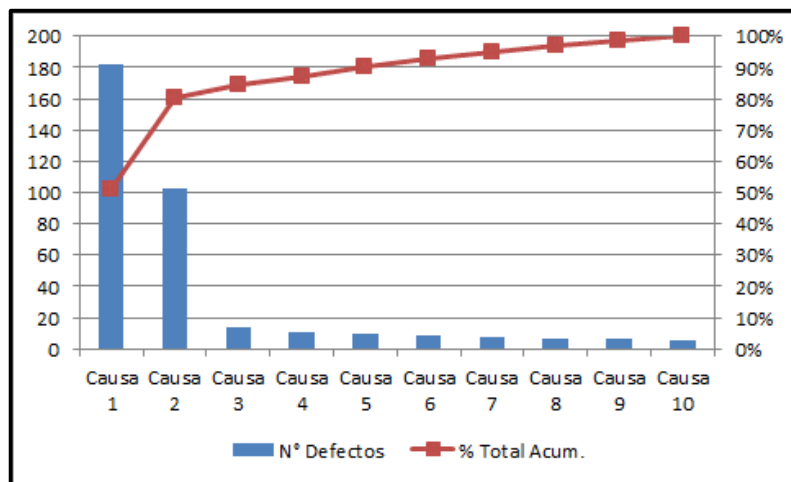


Figura N° 2.6: Diagrama de Pareto
Fuente: Internet

- ❖ **Diagrama de Dispersión.** Herramienta que ayuda a identificar la posible relación entre dos variables.

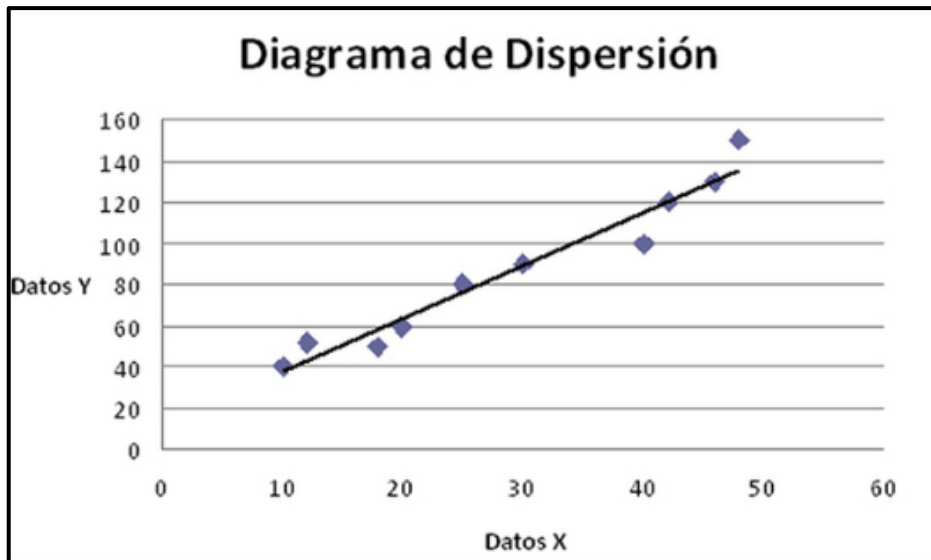


Figura N° 2.7: Diagrama de Dispersión
Fuente: Internet

- ❖ **Estratificación.** Procedimiento consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características que muestra gráficamente la distribución de los datos que proceden de fuentes o condiciones diferentes.

El éxito de estas técnicas radica en la capacidad que han demostrado para ser aplicadas en un amplio rango de problemas, desde el control de calidad hasta las áreas de producción, marketing y administración. Las organizaciones de servicios también son susceptibles de aplicarlas, aunque su uso comenzara en el ámbito industrial.

Estas técnicas pueden ser manejadas por personas con una formación media, lo que ha hecho que sean la base de las estrategias de resolución de problemas en los círculos de calidad y, en general, en los equipos de trabajo conformadas para acometer mejoras en actividades y procesos.

Como ejemplo explicaremos una de las herramientas básicas de calidad.

Diagrama de Pareto:

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Está basada en el conocido principio de Pareto, esta es una herramienta que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial, ejemplo: la siguiente figura N°2.8 muestra el número de defectos en el producto manufacturado, clasificado de acuerdo a los tipos de defectos horizontales.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

1. Decidir el problema a analizar.
2. Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
3. Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
4. Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
5. Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
6. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.

7. Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
8. Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.
9. Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

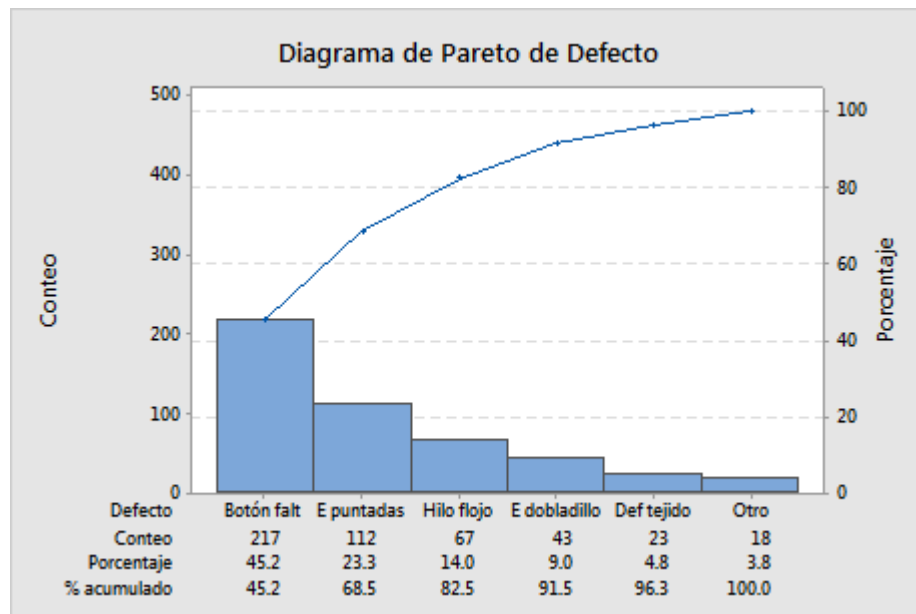


Figura N° 2.8: Diagrama de Pareto
 Fuente: Internet

CAPÍTULO III

CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

3.1 LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Las tareas de control de calidad en túneles y obras subterráneas van encaminadas a garantizar que los elementos de sostenimiento seleccionados y empleados en la obra cumplen lo especificado o previsto en el proyecto, ayudando a garantizar la buena ejecución de la misma.

El control de calidad comienza una vez seleccionados los materiales a utilizar en la obra y continúa durante su recepción, colocación y evolución con el tiempo de los mismos.

En este capítulo se analizan los controles de calidad habituales de los elementos principales de sostenimiento y revestimiento que se colocan en las obras subterráneas: bulones, concreto, concreto proyectado, mortero proyectado y cerchas.

3.2 TÉCNICO RESPONSABLE O JEFE DE LA UNIDAD DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE OBRA

Generalmente esta tarea se encomienda a un técnico de grado medio o superior, que es el responsable de la elaboración del Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC), de su implantación y de su seguimiento y revisiones que tengan lugar, y cumplir la secuencia y metodología fijada de los controles mediante el Programa de Puntos de Inspección (PPI) y el Plan de Ensayos.

En la hoja del PPI figuran las operaciones sujetas a control, las intensidades y frecuencias de cada operación a controlar, así como la clasificación de los mismos en tres categorías: Puntos de Espera, Puntos de Parada y Puntos Críticos. A su vez, las inspecciones en obra se clasifican en rutinarias (realizadas diariamente sin ningún tipo de programación previa) y formales (programadas en los PPI).

Este técnico, con total independencia del Jefe de Obra, tiene las siguientes funciones:

- Identificar los problemas de Calidad, verificando el cumplimiento del Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC).
- Iniciar, sugerir o aportar las soluciones según se deriven de los procedimientos definidos.
- Verificar el adecuado desarrollo de la ejecución de la obra, de acuerdo con los procedimientos definidos, supervisando la ejecución.
- Gestionar el tratamiento de las no conformidades, hasta la obtención de resultados satisfactorios.
- Coordinar las misiones de verificación y control.
- Aplicar y verificar que se cumple el contenido del Plan de Aseguramiento de la Calidad de la Obra.
- Informar periódicamente al mando superior de los resultados obtenidos en la ejecución del PAC de la obra.
- Efectuar las comprobaciones e inspecciones que se le asignen en los programas de puntos de inspección.
- Mantener en todo momento la disciplina y el debido orden en el seno de la Unidad.
- Respetar y hacer respetar los Procedimientos y Normas de funcionamiento que rijan la Unidad.
- Prestar atención especial al mantenimiento riguroso de la independencia con respecto de la línea de producción, siendo responsable del quebranto, por su parte, de la condición de la independencia.

- Cumplir y hacer cumplir con rigor los programas de actuación de cada una de las divisiones de la estructura de la Unidad.
- Atender en todo momento al Director de la Obra, suministrándole la información prescrita en tiempo y forma y facilitándole cuantas consultas precise.
- Facilitar cuanta información le sea solicitada por la Dirección Facultativa de la obra sobre los Registros de Calidad.

3.3 CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO, CONCRETO PROYECTADO Y MORTERO PROYECTADO

3.3.1 Ensayos previos

La composición de los concretos, concretos proyectados y morteros proyectados se debe determinar mediante unos ensayos iniciales. Se entiende por concreto proyectado aquel cuyo tamaño de árido es mayor que 8 mm. Asimismo, se entiende por mortero proyectado, vulgarmente denominado gunita, aquel cuyo tamaño de árido es menor que 8 mm.

Independientemente de que manera previa se hagan ensayos en laboratorio con las diferentes composiciones y elementos, los ensayos encaminados a obtener la fórmula definitiva deberán llevarse a cabo a pie de obra, previamente al comienzo de esta, y empleando las instalaciones, la maquinaria y los componentes previstos para la ejecución de la misma.

Debido a la inevitable dispersión de los resultados obtenidos en los ensayos, el diseño de la mezcla debe ser tal que se intente producir un material de resistencia superior a la especificada. Como valor aproximado se puede tomar el 15% al 20% del valor mínimo del tipo de resistencia correspondiente.

3.3.1.1 Materiales básicos

El comportamiento de los concreto, concreto proyectado y mortero proyectado va a depender tanto de las proporciones de cada uno de los componentes, como de las propiedades individuales de ellos y del proceso y forma de colocación de los mismos.

Mediante ensayos de laboratorio se determinan las propiedades de sus constituyentes, permitiendo, por una parte, diseñar la correcta dosificación y, por otra, prever su comportamiento y evolución con el tiempo.

El problema de la dosificación de un concreto es encontrar la proporción más económica de cada uno de los materiales que lo van a constituir, para producir un concreto que, una vez endurecido, tenga una determinada calidad.

Generalmente, esta calidad se expresa mediante la resistencia a compresión.

La mayor parte de los problemas de falta de resistencia que presentan el concreto, es producido por una dosificación inadecuada o una incorrecta puesta en obra.

Pero nada se conseguirá afinando más los métodos de dosificación si no se mejorara paralelamente el control.

Áridos

Los áridos a emplear en concretos, morteros y concretos proyectados se obtendrán por la selección y clasificación de materiales naturales o procedentes de machaqueo, o por una mezcla de ambos.

Estos áridos estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y duraderas, de unas granulometrías uniformes y exentas de polvo, suciedad, arcilla, materia orgánica y otras materias perjudiciales. Así mismo, estarán exentos de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento (EHE-08).

El empleo de áridos finos o gruesos, o mezcla de ambos, se hará de acuerdo con el espesor a aplicar en el mortero y concreto proyectado. Se denomina grava o árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2; y arena o árido fino la parte cernida por el tamiz 4 mm. La arena suele dividirse, a partir de 4 mm, en arena gruesa y arena fina, llamándose polvo o finos de arenas a la fracción inferior a 0.063 mm.

A continuación se enumeran los ensayos más frecuentes, que están recogidos en las siguientes Normas Europeas que son las que se usarán en este proyecto, aunque algunas todavía mantienen su nomenclatura antigua:

- UNE-EN 932 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos (en particular la 932-1 (antigua UNE 83-109) Métodos de muestreo).
- UNE-EN 933 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos (933-1 y 933-2 (antiguas UNE 7135 y 7139) Determinación del coeficiente de forma del árido grueso, 933-5 Determinación del porcentaje de caras de fractura, 933-8 (antigua UNE 83-131) Ensayo total equivalente de arena, 939-9 (antigua UNE 83-130) Ensayo del azul de metileno).
- UNE-EN 1097 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos (1097-2 (antigua UNE 83-116) Determinación de la resistencia a la fragmentación del árido grueso (ensayo de Los Ángeles); 1097-6 (antiguas UNE 83-133 y 83-134) Determinación de la densidad de partículas y absorción de agua).
- UNE EN 1367-2 (antigua UNE 7136) Determinación de la pérdida de peso % con cinco ciclos de sulfato magnésico.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Determinación de la presencia de cloruros, solubles en agua (antigua UNE 7245); Determinación de sulfatos solubles en ácido (antigua UNE 7245); Determinación del contenido total de azufre (antigua UNE 83-120); Determinación de los sulfuros solubles en ácido; Determinación del contenido de materia orgánica (antigua UNE 7082) ;

Determinación de partículas de bajo de peso específico (antigua UNE 7245).

- UNE 146507-1 EX, UNE 146507-2 EX (antigua UNE 7137). Ensayos para determinar la reactividad del árido con los álcalis del cemento.

Algunas de las antiguas normas siguen todavía vigentes y se siguen empleando como referencia:

- UNE 7050 Ensayo de contenido de finos.
- UNE 7088 Determinación de la compacidad de áridos.
- UNE 7133 Ensayo de terrones de arcilla.
- UNE 83-115 Ensayo de friabilidad de la arena.

A continuación se definen los parámetros más empleados:

- **Densidad real:** es el cociente entre la masa seca de la muestra y el volumen ocupado por la materia sólida, comprendidos los huecos accesibles e inaccesibles contenidos en los granos.
- **Coefficiente de absorción de agua:** es la relación entre el aumento de masa de la muestra de áridos debido a una inbibición parcial de agua y la masa seca de la misma muestra.
- **Contenido de agua:** es la relación entre la diferencia de la masa de la muestra tal como viene y la masa seca de la misma muestra.

Pero son dos los parámetros fundamentales (particularmente en los concretos y morteros proyectados) que hay que tener en cuenta a la hora de controlar la calidad:

- **Distribución granulométrica:** la distribución granulométrica de un árido se obtiene mediante la separación por tamices de diferentes tamaños. La norma UNE-EN 933-1 (antigua UNE 7139) describe en que consiste el cribado de áridos a través de una serie de tamices y cedazos para la determinación de su granulometría. La curva granulométrica es aquella que acumula los porcentajes retenidos o los cernidos por cada tamiz. La Norma 83-607 recomienda varios usos de aplicación para H/MP

(concretos y morteros proyectados) definidos según los tamaños del árido, entre los cuales deberán estar comprendidas las curvas granulométricas. A mayor tamaño del árido, aumenta el rebote; asimismo, las arenas más finas favorecen la retracción.

- **Equivalente de arena:** la presencia de materiales pulverulentos en las arenas incide negativamente en su comportamiento. El ensayo del equivalente de arena es un procedimiento rápido para determinar un índice representativo de la proporción y de las características de los materiales finos, como arcillas, polvo, etc., que puede contener el árido. El procedimiento de ensayo consiste en síntesis, en introducir en una probeta graduada y parcialmente llena de una solución tipo (a base de cloruro cálcico cristalizado, glicerina pura, agua destilada y solución de formaldehído), una cantidad de árido y, después de agitado, rellenar con la solución tipo hasta una altura prefijada. El equivalente de arena expresa la relación volumétrica entre los elementos denominados arenosos y los llamados finos. Es el cociente entre la altura de la parte sedimentada, expresado en tanto por ciento. El ensayo está totalmente descrito en la Norma UNE EN 933-8 (antigua UNE 81-131).

Cementos

Se emplearán cementos expresamente indicados en los planos o especificaciones y cuya definición figura en la “Instrucción para la recepción de cementos (RC-08)”. También deberán cumplir las recomendaciones y prescripciones contenidas en el EHE-08.

En los casos en que el concreto, concreto proyectado o mortero proyectado vaya a ser expuesto a la acción de suelos o agua subterráneas con una alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento resistente a sulfatos (sulforresistente). En los casos en que los cálculos estructurales requieran una elevada resistencia inicial, se recomienda un cemento Portland de endurecimiento rápido (42.5R, 52.5R).

La resistencia a compresión del cemento no será inferior a 25 MPa (250 kg/cm²) y deberá ser capaz de proporcionar al concreto las cualidades que a este se le exijan.

En las normas UNE EN 197-1 y UNE EN 14647 (anulan a la antigua UNE 80-301) se definen, clasifican y especifican los diferentes tipos de cemento habitualmente empleados en las obras.

Si se estima necesario obtener el tiempo de fraguado, se seguirá el siguiente método, descrito detalladamente en la Norma UNE EN 196-3 (Antigua UNE 80-102):

- a. Se calibra el aparato de Vicat, con la aguja para determinar el principio de fraguado.
- b. Se llena el molde con pasta de consistencia normal y se engrasa.
- c. Se introduce el molde lleno y la placa base en agua a $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- d. Después de un tiempo adecuado, se lleva el molde de Vicat y se sitúa debajo de la aguja.
- e. Se baja la aguja suavemente hasta que entre en contacto con la pasta.
- f. Se libera la sonda y se deja que penetre verticalmente en la pasta durante 30 segundos.
- g. Se anota la lectura de escala, junto con el tiempo a partir del instante cero.
- h. Se repite el ensayo en la misma probeta en posiciones separadas y a intervalos de 10 minutos.
- i. El principio de fraguado es el tiempo transcurrido hasta el momento en que la penetración sea de 4 ± 1 mm.
- j. Alcanzado el principio de fraguado se invierte el molde, se inserta la aguja, con accesorio anular y se repite el mismo procedimiento que para el principio de fraguado.
- k. El final de fraguado ocurre cuando la aguja penetra solamente 0,5 mm en la pasta.

TIPOS PRINCIPALES	DESIGNACION DE LOS 27 PRODUCTOS (TIPOS DE CEMENTOS COMUNES)		COMPOSICION (PROPORCION EN MASA)										COMPONENTES MINOROTARIOS			
			COMPONENTES PRINCIPALES													
			Clinker K	Escoria de horno altos	Humo de Silice O2	Puzolana Natural P	Puzolana Natural Calcinada Q	Cenizas Volantes Siliceas V	Cenizas Volantes Calcareas W	Esquisto calzinado T	Caliza L	Caliza LL				
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
CEM II	Cemento Portland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Cemento Portland con puzolana	CEM II/A-P	80-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-P	65-79	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Cemento Portland con ceniza volante	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/A-	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5		
	Cemento Portland con esquisto calcinado	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5		
	Cemento Portland con caliza	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5		
		CEM II/A-	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5		
	Cemento Portland mixto	CEM II/B-	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5		
		CEM II/A-	80-94	jun-20										0-5		
			CEM II/B-	65-79	21-35										0-5	
	CEM III	Cemento con escorias de horno alto	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
			CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM III/C			5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
CEM IV	Cemento puzolanico	CEM IV/A	65-89	-	11-35										0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	36-55										0-5	
CEM V	Cemento compuesto	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30										0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50										0-5
	Cemento aluminoso			-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5			

1) Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios (núcleo del cemento).
2) El porcentaje de humo de silice esta limitado al 10%.
3) En cementos Portland mixtos CEM II/A-M y CEM II/B-M, en cementos puzolánicos CEM IV/A y CEM IV/B y en cementos compuestos CEM V/A y CEM V/B los componentes principales ademas del clinker deben ser declarados en la designacion del cemento.

Tabla N° 3.1: Productos de la familia de cementos comunes

Cuando el cemento es expendido, deberá acompañarse de un documento con los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de suministro
- Identificación del vehículo que lo transporta
- Cantidad que se suministra
- Denominación y designación del tipo de cemento
- Restricciones de empleo en su caso
- Nombre y dirección del comprador
- Referencia del pedido

Cuando haya sido ordenado efectuar ensayos de recepción, al menos se efectuarán los que se indican en las Tablas 3.3 y 3.4, conforme a la Norma UNE correspondiente.

CLASE DE RESISTENCIA	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)			TIEMPO DE PRINCIPIO DE FRAGUADO (min)	EXPANSION (mm)
	RESISTENCIA INICIAL		RESISTENCIA NORMAL		
	2 días	7 días	28 días		
32.5 N	-	≥ 16.0	≥ 32.5	≤ 52.5	≤ 10.0
32.5 R	≥ 10.0	-			
42.5 N	≥ 10.0	-	≥ 42.5	≤ 62.5	
42.5 R	≥ 20.0	-			
52.5 N	≥ 20.0	-	≥ 52.5	-	
52.5 R	≥ 30.0	-			

Tabla N° 3.2. Exigencias mecánicas y físicas dadas como valores característicos

1	2	3	4	5
PROPIEDADES	ENSAYO DE REFERENCIA	TIPO DE CEMENTO	CLASE DE RESISTENCIA	EXIGENCIAS
Pérdida por calcinación	EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	≤ 5.0 %
Residuo insoluble	EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	≤ 5.0 %
Sulfato (SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II CEM IV CEM V	32.5 N 32.5 R 42.5 N	≤ 3.5 %
			42.5 R 52.5 N 52.5 R	
		CEM III	Todas	
		Todos	Todas	
Cloruros	EN 196-21	Todos	Todas	≤ 0.10 %
Puzolanidad	EN 196-5	CEM IV	Todas	Cumplir con el ensayo

1) Las exigencias se dan en porcentajes en masa del cemento final.
 2) Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y carbonato de Sodio.
 3) El cemento tipo CEM II/B-T puede contener hasta el 4.5% de SO₃ para todas las clases de resistencia.
 4) El cemento tipo CEM III/C puede contener hasta el 4.5% de SO₃.
 5) El cemento tipo CEM III puede contener hasta mas de 0.10% de cloruros pero en tal caso, el contenido maximo se debe consignar en los envases y albaranes de entrega.
 6) Para aplicaciones de pretensado, el cemento se puede fabricar de acuerdo con los valores más bajos. Si es así, se debe reemplazar el valor de 0,10% por este valor, el cual se debe consignar en los albaranes de entrega.

Tabla N° 3.3: Exigencias químicas dadas como valores característicos.

PROPIEDAD	CEMENTOS PARA SER ENSAYADOS	METODO DE ENSAYO	ENSAYOS DE AUTOCONTROL			
			FRECUENCIA MINIMA DE ENSAYO		PROCEDIMIENTO DE EVALUACION ESTADISTICA	
			SITUACION NORMAL	PERIODO INICIAL PARA UN CEMENTO NUEVO	INSPECCION POR VARIABLES	INSPECCION POR ATRIBUTOS
1	2	3	4	5	6	7
Resistencia inicial Resistencia normal	Todos	EN 196 - 1	2/semana	4/semana	x	
Principio de fraguado	Todos	EN 196 - 3	2/semana	4/semana		x
Estabilidad (expansión)	Todos	EN 196-3	1/semana	4/semana		x
Pérdida por calcinación	CEM I, CEM III	EN 196 - 2	2/mes	1/semana		x
Residuo insoluble	CEM I, CEM III	EN 196 - 2	2/mes	1/semana		x
Contenido de sulfato	Todos	EN 196 - 2	2/semana	4/semana		x
Contenido de cloruros	Todos	EN 196 - 21	2/mes	1/semana		x
Puzolanidad	CEM IV	EN 196 - 5	2/semana	1/semana		x
Composición	Todos	-	1/mes	1/semana		x

1) Se pueden utilizar otros métodos distintos en aquellos casos en los que la parte correspondiente de la Norma Europea EN 196 lo permita, con tal de que den los resultados correlativos y equivalentes a los obtenidos mediante el método de referencia.
 2) Los métodos usados para la toma y preparación de muestras estarán de acuerdo con la Norma Europea EN 196 - 7.
 3) Cuando ninguno de los valores de los resultados de los ensayos exceda del 50% del valor característico, dentro de un período de 12 meses, la frecuencia de ensayo se podrá reducir a 1 mes.
 4) Método de ensayo apropiado elegido por el fabricante.
 5) Si los datos no se ajustan a una distribución normal, la verificación estadística utilizable se decidirá en cada caso.

Tabla N° 3.4: Propiedades, métodos de ensayo y frecuencias mínimas de ensayos para el autocontrol del fabricante y procedimiento de verificación estadística

Agua

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Estas aguas deberán ser limpias y estar exentas de sustancias que puedan dañar al concreto o al acero.

En caso de duda, o cuando no se posean antecedentes de utilización, deberán analizarse las aguas y deberán cumplir con las siguientes condiciones (EHE-08):

- Exponente de hidrogeno (pH) ≥ 5 (Norma UNE 83952, antigua UNE 7234).
- Sustancias disueltas ≤ 15 g/l (Norma UNE 83957, antigua UNE 7130).
- Sulfatos expresados como $\text{SO}_4^{2-} \leq 1$ g/l (excepto sulforresistentes, que serán ≤ 5 g/l) (Norma UNE 83952).
- Ion Cloro Cl ≤ 3 g/l (Norma UNE 7178).
- Hidratos de Carbono = 0 (Norma UNE 7132).
- Sustancias orgánicas solubles en éter ≤ 15 g/l (Norma UNE 7235).

La toma de muestras se realiza tal como se detalla en la Norma UNE 83951 (antigua UNE 8236).

Aditivos

El empleo de la tecnología del concreto proyectado exige la utilización de una serie de aditivos que mejoren la calidad y tiempo de manejabilidad del concreto, además de facilitar la proyección de la mezcla.

En los documentos de origen deberá figurar la designación del aditivo de acuerdo a la Norma UNE EN 934-2 (antigua UNE 83-200), que agregado en las proporciones y condiciones previstas, produce la función principal sin perturbar excesivamente las restantes características del concreto, concreto proyectado o mortero proyectado, ni representar peligro para las armaduras. También deberá aparecer reflejada la garantía del fabricante.

El fabricante deberá suministrar el aditivo etiquetado conforme a la Norma UNE EN 934-6 (Antigua UNE 83-275)

El fabricante principal utilizado en el concreto y morteros proyectados es el acelerante de fraguado, que disminuye el tiempo de principio de fraguado, aumenta las resistencias iniciales y disminuye las finales en comparación con la mezcla sin aditivar.

El concreto proyectado requiere además la utilización de superplastificantes y estabilizadores. La función principal de los superplastificantes es disminuir significativamente el contenido de agua sin modificar la trabajabilidad o aumentar significativamente la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua. Como funciones secundarias, cabe citar que mejora la cohesión, así como produce la disminución de la exudación y la segregación.

Los estabilizadores tienen como función principal aumentar el tiempo del principio de fraguado. Con el uso de estos estabilizadores se mantiene la mezcla del concreto fresco estable, sin verse alteradas ni su trabajabilidad ni su resistencia a 28 días, si bien, en general, las resistencias a compresión tempranas (1 a 3 días) pueden verse disminuidas.

Por último, en lo referente a los aditivos para inyecciones con cemento de los anclajes y pernos, se suele emplear un aditivo plastificante, que permite reducir el contenido de agua sin modificar la trabajabilidad o aumentar la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua. Reduce el riesgo de segregación, favorece la cohesión y mejora las resistencias iniciales y finales.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

Se recurrirá en general a ensayos previos en laboratorio teniendo en cuenta los materiales disponibles y aditivos que se vayan a emplear y las condiciones de ejecución previstas.

Los tipos de concreto y mortero proyectado se clasifican según su función en tres categorías (Norma UNE 83607):

- **H/MP I:** Concreto o mortero proyectados sin función estructural. Su finalidad es la de mejorar las superficies, realizar pequeños soportes durante la construcción y rellenado de cavidades (fisuras, grietas, etc.).
- **H/MP II:** Concreto o mortero proyectados con función estructural temporal para sujeción de rocas, soporte de excavaciones y cimentaciones.
- **H/MP III:** Concreto o mortero proyectados con función estructural permanente (no provisional), como túneles permanentes, etc.

Esta clasificación puede complementarse con el criterio de la edad. Un concreto proyectado joven, que es aquel que tiene una edad inferior o igual a 24 h, puede ser de tres tipos según cómo evolucione su resistencia, Fig. N° 3.1.

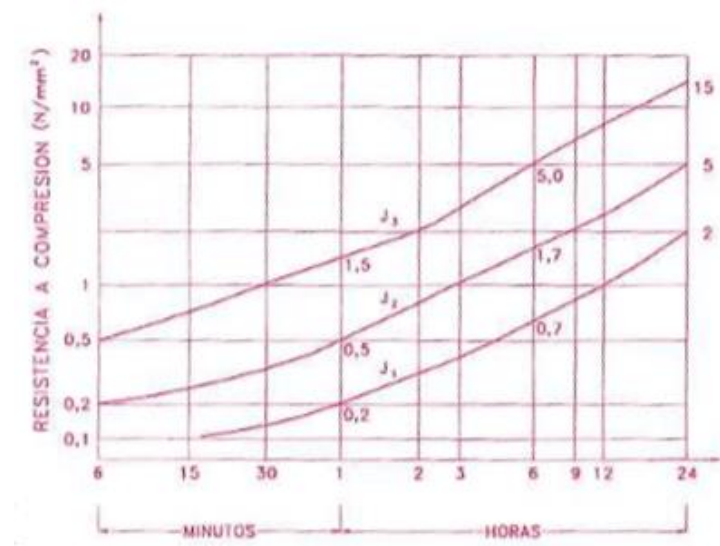


Figura N° 3.1: Variación de la resistencia a compresión del H/MP con el tiempo

Fuente: Internet

Una vez elegida la relación agua/cemento más apropiada, hay que proceder a determinar la consistencia, que debe de ser tal que la mezcla sea plástica y dócil.

El termino docilidad de una mezcla de concreto indica, generalmente, la facilidad con que el concreto puede ser colocado en los encofrados o moldes y la resistencia que presenta al segregarse.

Para medir la docilidad se emplea el ensayo de asiento en el cono de Abrams (Norma UNE 12350-2, antigua UNE 7103).

El procedimiento a seguir en los concretos y morteros proyectados es el siguiente:

- a. Realización de ensayos con los áridos disponibles en la zona.
- b. Selección de los áridos idóneos.
- c. Selección del cemento idóneo, buscando su compatibilidad con los aditivos.
- d. Ajustar la formula en función de la resistencia requerida y del tiempo de trabajabilidad, mediante ensayos en laboratorio
- e. Obtención de resistencias, principalmente a 24 horas, 3,7 y 28 días.
- f. Es importante cuantificar el rechazo, tal como se explica en la norma UNE 83-608. Para ello se proyecta sobre una pared una cantidad conocida de concreto, por ejemplo 1 m³, y se recoge sobre una lona el material rechazado para pesarlo en una báscula. El rechazo obtenido se expresa como el tanto por ciento en peso respecto al material proyectado y viene dado por la fórmula:

$$\% \text{ de rechazo} = (\text{Peso del rechazo} / (\text{Peso de la mezcla seca} + \text{agua de amasado})) * 100$$

- g. Realización de ensayos de dosificación de fibra, ya que la adición de la misma modifica la relación de agua/cemento de la mezcla, puesto que la fibra absorbe humedad. También será necesario subir el slump en 2 o 3 pulgadas.

- h. Determinación de la fluencia de los estabilizantes en el caso de ser necesario su empleo. Esto será función del tiempo previsto entre la realización de la mezcla y su puesta en obra.

El tiempo de estabilización de una mezcla se definirá midiendo la evolución de su consistencia en función del tiempo mediante un ensayo del cono de Abrams (Norma UNE 12350-2).

3.5 ENSAYOS DE CONTROL

Es necesario realizar un continuo control de calidad durante la construcción, para impedir fallos que conlleven posteriormente costosas o complicadas reparaciones. Además de comprobar la calidad de los materiales que se reciben en obra, es necesario realizar una serie de ensayos sobre los materiales colocados, como por ejemplo, controlar mediante probetas *in situ* la evolución de la resistencia del concreto, realizar el control de espesores y ensayos de tracción sobre bulones.

Por medio de ensayos de control periódicos durante los trabajos de ejecución se comprueba que las muestras tomadas (preparadas, curadas y almacenadas según las Normas UNE EN 12504-1 (antigua UNE 7241), EN 14488-1 (antigua UNE 83-602) y UNE 83-605) de concreto, concreto proyectado y mortero proyectado, alcanzan la resistencia exigida.

Para ello, la probeta deberá ser igual o mayor que el triple del tamaño máximo del árido. Las probetas serán cilíndricas o cúbicas.

En términos generales se recomiendan frecuencias de ensayo (Norma UNE 83-607) indicadas en la Tabla N° 3.5.

H/MP Joven	H/MP (II) H/MP (III)	Una determinación al menos cada semana de trabajo.
H/MP (II)	H/MP (KK)	Una determinación al menos cada 2000 m ² de superficie proyectada o dos semanas de trabajo.
H/MP (III)	H/MP (III)	Una determinación al menos cada 1500 m ² de superficie proyectada, o una semana de trabajo. Como mínimo una vez al mes se realizará un ensayo granulométrico y de determinación de humedad.

Tabla N° 3.5: Frecuencia de Ensayos según Norma UNE 83-607

Nota: Una determinación se considera la fabricación de al menos un cajón muestra (Véase la Norma UNE 14488-1) y la extracción y rotura como máximo de 5 probetas testigo.

3.5.1 Determinación de la resistencia media del concreto

Los ensayos previos suministran datos para estimar la resistencia media del concreto de la obra, la cual debe coincidir con el fabricado en laboratorio. Si f_{cm} es el valor de la resistencia media en el laboratorio, entonces:

$$f_{ck} = f_{cm} \cdot (1 - 1.64\delta)$$

Siendo f_{ck} el valor exigido en el proyecto y δ el coeficiente de variación.

Los ensayos se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis masas diferentes de concreto, obteniendo tres probetas por masa.

Con los resultados de las roturas se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada, obteniéndose la serie de seis resultados medios:

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4 \leq x_5 \leq x_6$$

El ensayo característico se considerará favorable si se verifica que:

$$x_1 + x_2 - x_3 \geq f_{ck}$$

Los ensayos de control del concreto tienen por objeto comprobar que la resistencia característica del concreto de la obra curado en condiciones normales y a 28 días, es igual o superior a la del proyecto.

3.5.2 Primera modalidad de control: control total

Control total, al 100%, cuando se conoce la resistencia de todas las amasadas. Es un sistema poco habitual por la cantidad de probetas que implica. El control es aceptable si $f_{c \text{ real}} \geq f_{ck}$.

3.5.3 Segunda modalidad de control: control estadístico

Control estadístico cuando se conoce la resistencia de una fracción de las amasadas que se controlan; tiene tres niveles de control: reducido, normal e intenso.

Ensayos de control a nivel reducido

Son los que emplean un coeficiente de seguridad (Y_c) o de minoración de la resistencia del concreto igual a 1,70. Este nivel de control es de aplicación en obras de escasa importancia.

Ensayos de control a nivel normal

Son los que emplean $Y_c \geq 1.5$. Para ello se divide la obra en lotes (por ejemplo, concreto colocado de ese tipo a lo largo de una semana).

De todas las muestras se realizara el ensayo de consistencia. El control se realiza determinando la resistencia de "N" amasadas ($N \geq 2$, fijado por la Dirección de Obra), y se ordenan los resultados de las resistencias de las N amasadas:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

Se define como resistencia característica estimada (f_{est}) en este nivel, aquella que cumple:

- Si $N < 6$

$$f_{est} = K_N \cdot x_1$$

- Si $N \geq 6$

$$f_{est} = 2 \cdot (x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}) / (m-1) - x_m \geq K_N \cdot x_1$$

siendo :

K_N = Coeficiente obtenido de la Tabla 3.6.

x_1 = Resistencia de la amasada de menor resistencia

m = $N/2$ o $(N-1)/2$ según N sea par o impar, respectivamente.

El lote será aceptable si $f_{est} \geq f_{ck}$

Ensayos de control a nivel intenso

Este tipo de controles es prescriptivo siempre que la resistencia del proyecto sea > 25 MPa (250 kg/cm^2) o $Y_c < 1,5$.

Una vez obtenidas las resistencias de N amasadas del lote y ordenadas de modo que:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

se define como resistencia característica estimada (f_{est}):

$$f_{est} = 2 \cdot (x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}) / (m-1) - x_m \geq K_N \cdot x_1$$

siendo:

m = $N/2$ o $(N-1)/2$ según N sea par o impar, respectivamente.

K_N = Coeficiente obtenido de la Tabla 3.6.

El lote será aceptable si $f_{est} \geq f_{ck}$

N	HORMIGONES FABRICADOS EN CENTRAL CON LABORATORIOS		Otros Casos
	Con sello de calidad oficialmente reconocido	Sin sello de calidad oficialmente reconocido	
2	0,90	0,88	0,76
3	0,93	0,91	0,81
4	0,95	0,93	0,86
5	0,96	0,65	0,89
6	0,97	0,96	0,92
7	0,98	0,97	0,94
8	0,99	0,98	0,96

Tabla N °3.6. Valores de K_N

Fuente: Internet

3.5.4 Criterios de aceptación y rechazo

En este caso los criterios a seguir son los siguientes:

Si $f_{est} \geq f_{ck}$, el lote se aceptara.

Si $f_{est} < f_{ck}$, pero $f_{est} \geq 0,9 f_{ck}$, el lote se aceptara.

Si $f_{est} < f_{ck}$, pero $f_{est} < 0,9 f_{ck}$, el lote se utilizara a juicio del Director de la Obra.

3.5.5 Ensayos de control de endurecimiento

Por medio de estos ensayos se examina *in situ* el concreto o mortero proyectado y sus propiedades de fraguado y endurecimiento.

Se realizan tanto en concretos o morteros jóvenes, como sobre testigos extraídos. Los testigos se extraerán según la Norma UNE EN 14488-1.

Para determinar el tiempo de fraguado, se seguirán las instrucciones recomendadas en la Norma UNE EN 196-3.

3.5.6 Ensayos indirectos o no destructivos

Son generalmente aplicados en concretos jóvenes, en los cuales es imposible la extracción de probetas cilíndricas para la determinación de las resistencias tempranas, las cuales son obtenidas por métodos indirectos mediante procedimientos como el definido por EFNARC (*European Federation of National Associations of Specialist Contractors and Material Suppliers of the Construction Industry*) y que por su interés son recogidos en este capítulo.

Los métodos empleados habitualmente son los siguientes:

- Determinación de la resistencia a la penetración.
- Procedimiento de penetración, extracción de pernos.
- Determinación de la resistencia al arrancamiento.

Estos métodos vienen definidos en las Normas UNE EN 14488-2 (antigua UNE 83-603), EN12504-3 (antigua UNE 83-604), 83-605 y 83-609.

Los intervalos de medida aplicables a cada uno de estos métodos se describen en la Fig. N° 3.2.

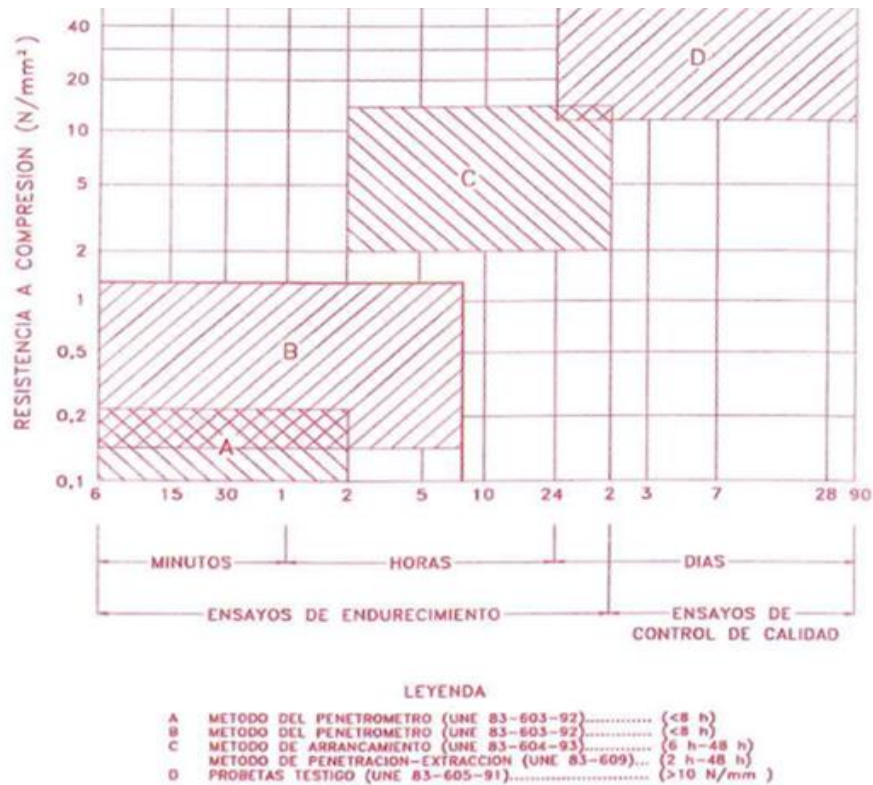


Figura N° 3.2. Ensayos determinativos de la resistencia a compresión.

Fuente: Internet

Todos estos métodos proporcionan medidas indirectas de resistencia a compresión y derivadas de las curvas de calibración para el tipo de concreto en particular que se vaya a ensayar.

Determinación de la resistencia a la penetración

En este ensayo se mide la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones definidas dentro del concreto proyectado o mortero proyectado. Para ello se emplea un penetrómetro de aguja. El ensayo se describe en la norma UNE EN 14488-2.

Para determinar la resistencia a la penetración se coloca la aguja perpendicularmente a la superficie de la capa de concreto proyectado y se presiona regularmente en la aguja hasta una profundidad de 15 mm en un único movimiento continuo. Si esto se impide, por ejemplo debido a una partícula de árido grande o a un refuerzo, entonces se suspende el ensayo y se repite en una posición adyacente. Se lee la fuerza necesaria para la penetración en la escala.

Se repite el ensayo diez veces lo más rápidamente posible (y dentro de 1 min para resistencias por debajo de 0,5 MPa) en un área representativa de la región proyectada.

Se calcula la fuerza media necesaria para la penetración a partir de las 10 mediciones.

Si se requiere, se determina la resistencia a compresión estimada a partir de la curva de conversión del fabricante. No está permitida la extrapolación.

Procedimiento de penetración, extracción de pernos

Tal como describe la Norma UNE 83-609, consiste en introducir unos clavos especiales dentro del concreto o mortero proyectado a ensayar. Para ello se emplea una pistola de baja potencia. A continuación, estos clavos son arrancados mediante un gato extractor, midiéndose la fuerza necesaria para ello. El parámetro que se utiliza para determinar la resistencia a la compresión es la relación entre la fuerza de arranque y la profundidad de penetración del clavo.

Este procedimiento permite efectuar mediciones en cualquier lugar, sin ningún tipo de preparaciones previas, estando por ello especialmente indicado para mediciones de control.

Para obtener resultados fiables deben realizarse como mínimo ocho determinaciones, cuyos valores difieran en $\pm 20\%$ respecto a la media. Si el número de determinaciones rechazables supera más de la mitad del total, se rechazará el ensayo.

En la Fig. N° 3.3 se describe con detalle el procedimiento de determinación de la resistencia a compresión de un concreto o mortero proyectado por colocación de pernos Hilti.

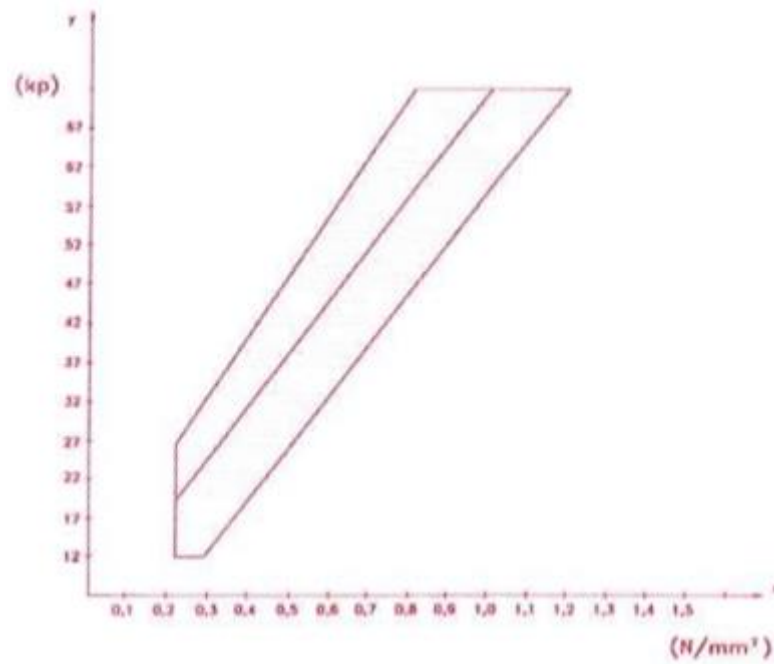


Figura N° 3.3. Valores para áridos entre 0 y 8 mm.

Fuente: Internet

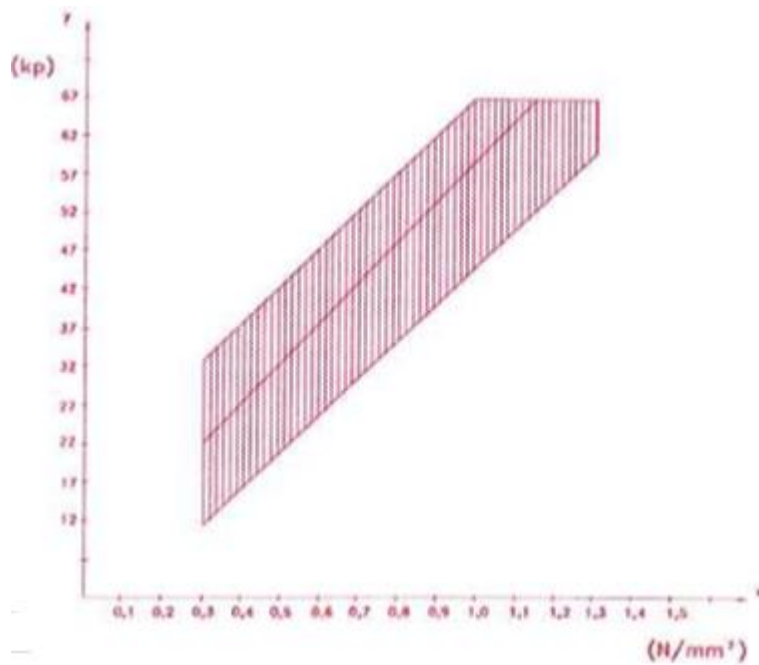


Figura N° 3.4: Valores para áridos entre 0 y 16mm

Fuente: Internet

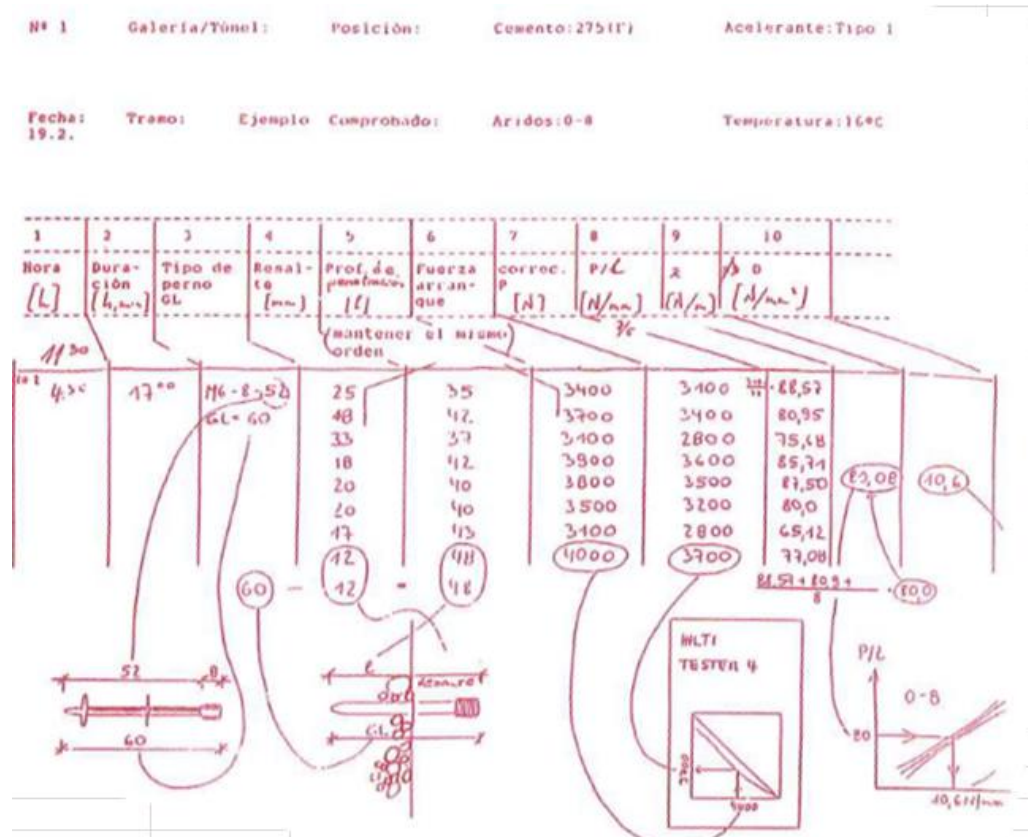


Figura N° 3.5: Ensayos con pernos Hilti.

Fuente: Internet

Determinación de la resistencia al arrancamiento

Con este método, descrito la norma UNE EN 12504-3, lo que se mide realmente es la fuerza de arrancamiento del concreto a partir de una placa y barra introducidos previamente al hormigonado, o dispositivos similares introducidos posteriormente mediante taladros en el concreto endurecido.

La distancia entre los centros de dos puntos de ensayo adyacentes debe ser, al menos, 20 cm. La distancia de los centros de los puntos de ensayo al borde del concreto debe ser, al menos, 10 cm.

El espesor mínimo del concreto para ensayo debe ser de 10 cm.

El número de ensayos requerido para que sea representativo de un área depende de la variabilidad esperada del concreto y de la precisión requerida.

Se introduce en el concreto un pequeño disco metálico, con una barra fijada en el centro de una cara, de forma que la barra sobresalga de la superficie del concreto. La placa embebida se debe fijar al encofrado de forma segura.

La carga se aplica progresivamente, sin choques, con un incremento constante de (0.5 ± 0.2) kN/s hasta el momento de la rotura.

Se registra la máxima fuerza alcanzada.

La fuerza de arrancamiento puede relacionarse empíricamente con la resistencia *in situ* del concreto, determinada de acuerdo con la norma EN 1250-1.

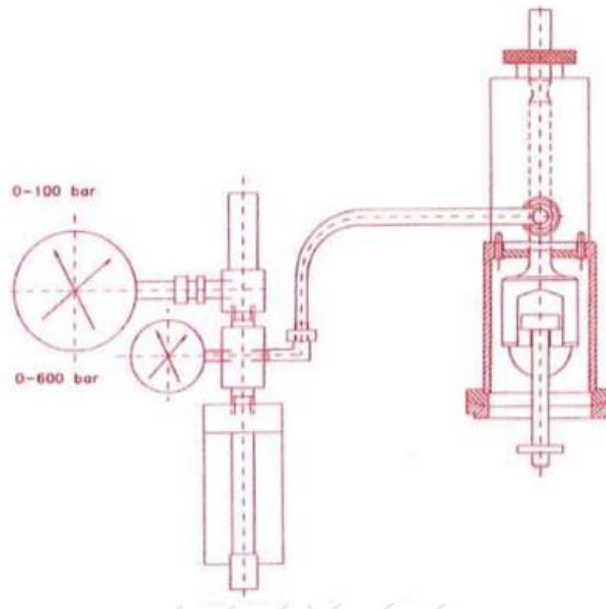


Figura N°3.6: Gato de extracción

Fuente: Internet

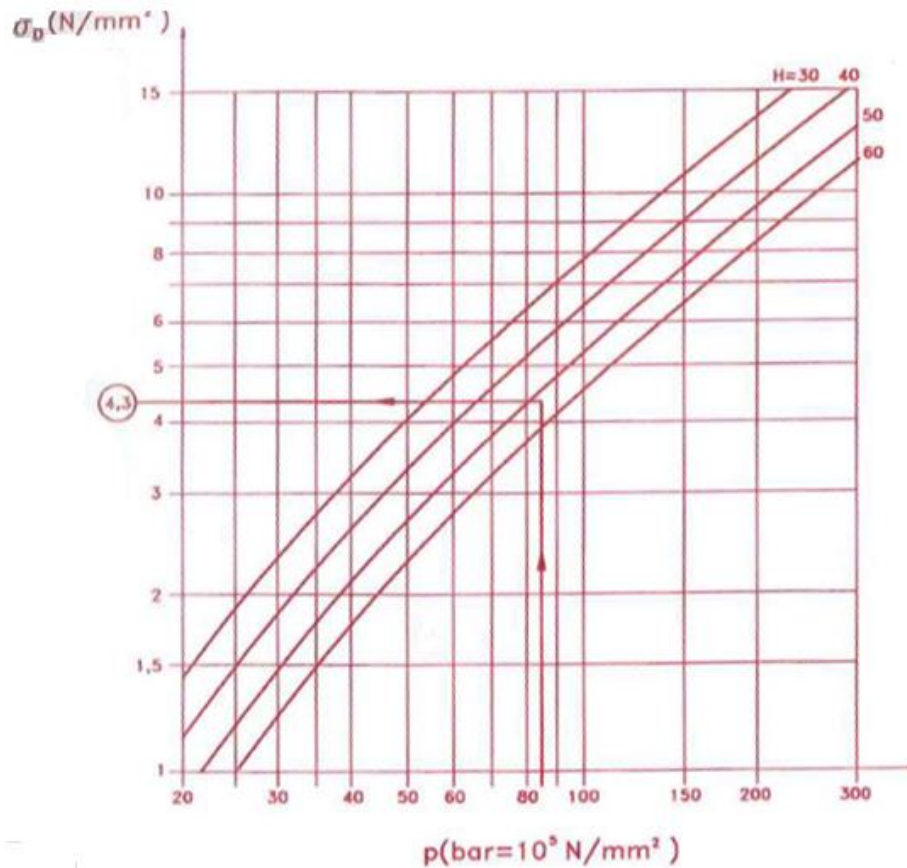


Figura N° 3.7: Abaco de cálculo de la resistencia a compresión

Fuente: Internet

3.5.7 Ensayos directos o destructivos

La determinación de la resistencia a compresión del concreto, concreto proyectado o mortero proyectado, durante el proceso de curado se efectúa con los denominados ensayos directos o destructivos

Ensayos directos o destructivos en concretos

La manera de fabricarse, conservar y romper por compresión las probetas cilíndricas de concreto viene descrita en las normas UNE EN 12390-2 (antigua UNE 83-301) y UNE EN 12390-3 (antigua UNE 7242).

Los moldes deberán ser no absorbentes, de acero, estancos y generalmente cilíndricos de diámetro “d” y de altura “2d”, cúbicos de arista “d” o prismas de

sección cuadrada de arista “d” debe ser tres veces el tamaño máximo del árido. Se recomienda que “d” sea igual a 100, 150, 200 o 300 mm.

Los moldes se compactan mediante picado, llenados en 3 capas de 1/3 de altura de la probeta cada una, y picando cada capa con una varilla metálica hasta su total compactación, dando un mínimo de 25 golpes. La tercera capa contendrá un exceso de concreto, enrasando y quitando el exceso de concreto con una paleta. La varilla para el picado es una barra metálica, de 16 mm de diámetro. En sus 25 mm finales será cónica y rematada con una semiesfera en un extremo.

Las probetas se dejan sin desmoldar hasta 24 horas, entre 20° y 27° C de temperatura y sin tocarlas.

Después del fraguado se desmoldarán y colocarán en ambiente de saturación (100 % de humedad relativa) o en agua, a $20 \pm 2^\circ$ C.

Los ensayos de rotura a compresión se realizan normalmente a 3, 7, 28 y 90 días.

Ensayos directos o destructivos en concretos y morteros proyectados

Las probetas para los ensayos de concreto proyectado o mortero proyectado se obtienen a partir de artesas normalizadas (Norma UNE EN 14488-1) como la reflejada en la Fig. N° 3.8.

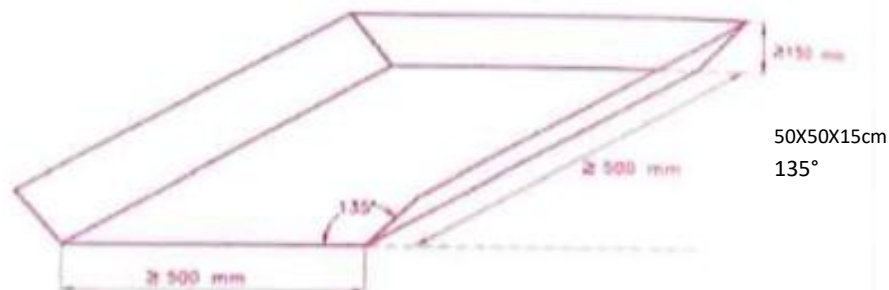


Figura N° 3.8: Artesa normalizada

Fuente: Internet

En el caso de concretos o morteros proyectados, la forma de proyectar el concreto sobre la artesa se describe en la Fig. N° 3.9.

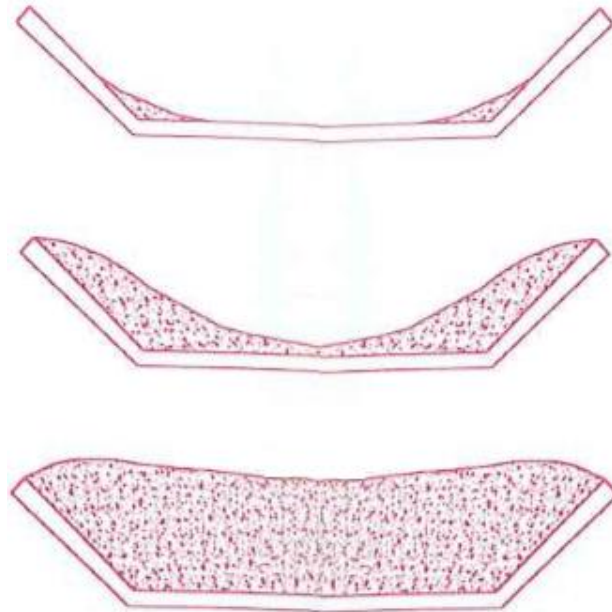


Figura N° 3.9: Proceso correcto de proyectar el molde del cual se extraen las probetas testigo

Fuente: Internet

La artesa se coloca en el lugar donde se está proyectando el concreto, apoyándola en el suelo y en la pared, de modo que formen con la horizontal un ángulo de 45°, proyectando a 1 m de distancia el concreto, rellenándola de abajo a arriba.

Se evitará la desecación de la masa hasta la colocación de la muestra obtenida en la cámara de curado. La muestra no se moverá ni desmoldará hasta transcurridas al menos 24 h desde su fabricación ni se mantendrá en obras más de 48 h, salvo condiciones excepcionales en las que se podrá mantener hasta 72 h.

Los testigos obtenidos *in situ* o sobre artesa se extraerán en el instante más próximo al momento del ensayo, con la ayuda de una sonda tubular de corona de diamante refrigerada por agua y con profundidad de perforación ajustable. Para tallar las bases de las probetas se empleará una sierra de disco de borde de diamante refrigerada por agua, que permita que el corte o tallado de las probetas se realice con forma y dimensiones exigidas. La norma UNE 83-605 describe el proceso de obtención, preparación y ensayo a compresión o tracción

de probetas testigo para concretos proyectados o morteros proyectados. La Norma UNE EN 12504-10 hace lo propio en el caso de concretos.

Es recomendable que la edad del concreto sea superior a 28 días, aunque en casos particulares pueda rebajarse a 14 días. En el caso de concretos o morteros proyectados, es recomendable que la edad sea superior a 7 días.

Las probetas serán de forma cilíndrica. El diámetro será al menos, tres veces superior al tamaño máximo del árido y su longitud una vez tallada prácticamente dos veces el diámetro. Se rechazarán las que tengan una altura máxima menor que el 95 % de su diámetro antes de refrentar, o una altura menor que su diámetro después de refrentado.

Las probetas se conservarán sumergidas en agua a temperatura constante o en una cámara húmeda, con una humedad relativa superior al 95% y a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 40 horas como mínimo. Durante el periodo previo al ensayo se mantendrán las probetas en ambiente de laboratorio. Cuando la edad de estas en el momento del ensayo sea inferior a 3 días, las probetas se mantendrán en ambiente de laboratorio.

Antes de efectuar el ensayo, las probetas se refrentarán siguiendo la Norma UNE EN 12390-3 (antiguas UNE 83-303 y 83-304), empleando mortero de azufre.

Posteriormente se definirá la esbeltez de las probetas (relación entre su longitud y su diámetro).

El ensayo de rotura a compresión se realizará según las indicaciones de la Norma UNE EN 12390-3, que se define tanto la metodología a seguir como las características de la prensa a emplear. Se romperán un mínimo de tres probetas para cada determinación.

Al realizar el ensayo tiene también importancia:

- La temperatura de la probeta (que debe ser de 20° C).
- La velocidad de aplicación de la carga de la prensa (que debe ser de 0,3 a 0,7 MPa/s).

Si la esbeltez de la probeta es apreciablemente menor que 2, es necesario realizar una corrección de la resistencia a compresión obtenida, multiplicándola por el coeficiente dado en el Tabla N° 3.7.

Los valores no indicados en la tabla pueden calcularse por interpolación.

RELACION L/D	COEFICIENTE DE CORRECCION
2	1
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,94
1,1	0,9
1	0,87

Tabla N° 3.7. Coeficientes de relación de Esbeltez

Fuente: Internet

Ensayos directos o destructivos en concretos y morteros proyectado con fibras

Se denomina así a todo aquel concreto o mortero proyectado que se refuerza mediante la incorporación de una determinada cantidad de fibras (de acero, PVC, polímeros, etc.).

La incorporación de fibras modifica las propiedades de la masa fresca, reduciendo la fisuración e incrementando las propiedades estructurales del concreto o mortero una vez endurecido. La presencia de las fibras transforma el comportamiento frágil de un concreto en un comportamiento dúctil, aguantando deformaciones importantes sin perder su capacidad portante, ya que las fibras se van a oponer al alargamiento y crecimiento de la fisura. Tras la fisuración, le

confieren al concreto una cierta ductilidad (capacidad de deformación), tenacidad (resistencia a la fatiga) y resiliencia (resistencia al choque).

Dos de los aspectos más importantes a tener en cuenta son: la relación *longitud/diámetro* y la concentración de volumen. Cuanto mayor sean ambos valores, mayor será su resistencia a la fisuración y al impacto.

Ensayo de rotura por compresión

El ensayo se describe en la Norma UNE 83-507, Consiste en esencia en un ensayo simple de aplastamiento de un cilindro entre los platos de una prensa.

La manera correcta de fabricar, conservar y ensayar las probetas cilíndricas ha sido ya descrita.

La resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras es sensiblemente la misma que la de un concreto sin adiciones. La diferencia estriba en la observación de un estallido muy limitado del concreto.

Ensayo de tracción directa

La resistencia a la tracción indirecta de un concreto reforzado con fibras es bastante similar a la de un concreto sin armar, salvo en dosificantes elevadas de fibras o composiciones particulares del concreto. No obstante, existe una resistencia a la tracción residual provocada al quedar unidas ambas partes de la fisura producida en la probeta por un determinado número de fibras que la cosen.

Ensayo de flexión o flexotracción

Sirven para determinar la capacidad de absorción de energía y se obtiene mediante probetas planas reforzada con fibras.

Actualmente existe una norma al respecto, que la UNE-EN-14488-5 y que especifica un método para determinar la respuesta carga/flecha de una probeta

plana con el fin de calcular la capacidad de absorción de energía hasta que se alcance una flecha determinada.

Una vez proyectado el concreto conforme a la norma EN-14488-1, se somete la probeta mediante un bloque de acero rígido colocado en el centro de ella a una carga y controlándose la flecha producida. Se llevará un registro de los datos carga/deformación hasta que se alcance una flecha de al menos 30 mm en su punto central.

Para este ensayo se emplea un equipo especial definido en la norma EN-12390-4. La probeta será cuadrada y recortada en 600 mm x 600 mm x 100 mm, y el ensayo se realiza a los 28 días.

El ensayo de flexión, realizando mediante el registro de la curva carga-deformación, permite apreciar el comportamiento de un concreto reforzado con fibras. La resistencia a la primera fisuración es generalmente similar a la del concreto no armado pero a partir de ese instante el comportamiento de ambos cambia radicalmente. La capacidad de absorción de energía (medida en Julios) se expresa como el área bajo la curva carga-deformación en el intervalo comprendido entre 0 y 25 mm de flecha.

A continuación, se citan otra serie de ensayos, que por resultar de especial interés, se considera conveniente incluir en este capítulo:

- Ensayo según EFNARC para determinar la resistencia a flexión, realizado sobre probetas de 75 mm x 125 mm x 600 mm obtenidas tras el corte de artesas de concreto proyectado.
- Ensayo ASTM C-1550 (del Dr. Bernard y TSE, que se realiza sobre probetas circulares de concreto proyectado de 800 mm de diámetro y 75 mm de espesor, sometidas a una carga en su punto medio), ensayo ASTM C-10108 (sobre probetas en forma de viga), ASTM C-1609 y ASTM C-1399.

Determinación del contenido de fibras metálicas

El contenido de fibras metálicas de un concreto proyectado se comprueba según la Norma UNE 83-512/1.



Fig. N° 3.10: Fibras metálicas para concreto

Fuente: Internet

Básicamente hay dos métodos:

- Ensayo sobre concreto fresco, mediante lavado.
- Ensayo sobre concreto endurecido mediante trituración de la muestra.

El primero se aplica al concreto en estado fresco, es decir, antes del inicio del fraguado. Se prepara una muestra de concreto que se lava con agua hasta que se consiguen separar todas las fibras metálicas, bien normalmente, bien con un imán. Las fibras se reúnen, se lavan y se secan; finalmente se dejan enfriar y se pesan.

El contenido en fibras se calcula mediante la expresión:

$$V_f = \frac{W_f}{V \times \rho_f} \times 100$$

Dónde:

V_f = Contenido en fibras en tanto por ciento, en su volumen.

W_f = Peso de las fibras de la muestra (g).

V = Volumen del recipiente (cm^3).

ρ_f = Densidad de las fibras (en el caso de las de acero, se suele tomar como valor $7,85 \text{ g/cm}^3$).

El segundo se efectúa sobre muestras de concreto endurecido. Estas muestras se cortarán y cubicarán, pasando a continuación a ser trituradas para a continuación separar las fibras metálicas del conjunto con la ayuda de un imán.

En todas estas determinaciones se utilizarán un mínimo de seis probetas de la misma muestra, tomándose el valor medio de los resultados. El ensayo se considera nulo si hay dos o más determinaciones que estén fuera del intervalo $\pm 10 \%$ del valor medio.

3.6 CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS DE CONCRETO EXCAVADAS CON CUCHARAS EN ESTACIONES

3.6.1 Control de Materiales

Tanto el concreto como el acero de refuerzo empleados en la ejecución de los paneles o bataches, tal y como se establece en el Plan de Calidad de las Obras, deberán someterse a los siguientes tipos de controles:

- Control de suministro: Deberá existir una especificación de compras de obligado cumplimiento por parte de la empresa suministradora
- Control de recepción: Se elaborará un informe de recepción, indicando la periodicidad y tipo de inspecciones a las que deberá someterse el material que se recibe en obra.

3.6.2 Control de Concreto

En la recepción del concreto, debe comprobarse que lo solicitado coincida con lo recibido: tipo de concreto (30MPa), asentamiento inicial ($9" \pm 1 \frac{1}{2}"$) y temperatura ($10^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$), tamaño de los áridos ($t \text{ max } \frac{3}{4}"$), pérdida de trabajabilidad (al menos asentamiento de 4" a 4 horas de salida de la planta), adicionalmente la verificación visual de segregación y homogeneidad de la mezcla.

Para concretos sin aditivos retardadores del fraguado se establece como tiempo máximo para la colocación del concreto 1.5 horas desde su dosificación en planta. En el caso de concretos que incorporen aditivos retardantes el tiempo máximo para la colocación podrá aumentar; para determinar dicho tiempo se presentara junto con la dosificación de cada uno de los concretos que se emplearan en obra su curva de fraguado, estableciéndose como tiempo máximo de colocación a la mitad del tiempo de inicio de fraguado hasta un máximo de 2.5 horas, lo anterior será aprobado por la Supervisión junto con la dosificación.

Como control de producción se controlará la resistencia a compresión simple mediante fabricación, curado y rotura de probetas de concreto, considerando como mínimo 1 muestra (serie) cada 50 m³ en cada Panel o Batache.

3.6.3. Control del acero del refuerzo

En la recepción del acero, debe comprobarse que lo recibido coincida con lo solicitado: tipo de acero, características generales, aspecto, condiciones de acopio. Dado que el suministro y montaje de las jaulas de armadura de acero de los bataches está subcontratada, dicho subcontratista será el responsable de facilitar al responsable de calidad la documentación del acero empleado debidamente ordenada conteniendo la guía de remisión la información oportuna para la correcta realización de la trazabilidad del acero empleado y todos los ensayos correspondientes

3.6.4. Control de las propiedades de los lodos Bentoníticos

Se comprobará la correcta dosificación de la mezcla, así como los siguientes parámetros definidos en la Norma EN 1538:2011:

PROPIEDAD	Fresca	Reutilizada	Antes de vaciado de concreto
Densidad (kg/lts)	< 1.10	< 1.25	< 1.15
Viscosidad Marsh (seg)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Pérdida de fluido en cm ³	< 30	< 50	No aplica
pH	De 7 a 11	De 7 a 12	No aplica
Cake en mm	< 3	< 6	No aplica

Tabla N° 3.8: Parámetros a controlar en los lodos Bentoníticos

Adicionalmente se establece un tiempo de maduración mínimo de 1 hora para el uso de los lodos Bentoníticos, contados a partir de su mezcla inicial en la planta. La bentonita se mantendrá en todo momento en agitación.

Es importante indicar que para la pérdida de fluido la duración del ensayo se podrá reducir a solo 7.5 minutos en los ensayos rutinarios de control, sin embargo en este caso se deben ajustar los valores de pérdida de fluido y cake, la pérdida de fluido para los ensayos de 7.5 minutos de duración será aproximadamente la mitad del valor obtenido de los ensayos de 30 minutos.

3.6.5 Control de la verticalidad durante la excavación

En la construcción de las pantallas, para verificar que la verticalidad está dentro del 1% que se considera aceptable, será necesario comprobar los elementos que puedan definir la geometría de la excavación. Para la construcción de las pantallas, tenemos dos casos claramente diferenciados; La excavación con preforos o sin preforos, en el caso del presente procedimiento, el subcontratista TERRATEST realizara la ejecución de excavación de pantallas con preforos.

Los preforos se realizan para “encauzar” el inicio y el final de la pantalla, dentro del murete guía. Para ello se utiliza en un primer momento una pilotadora que realizara un pilote en cada uno de los extremos. La pilotadora es una máquina que posee un inclinómetro incorporado, que nos confirmará durante la excavación la verticalidad de esta.

Previo al comienzo de la excavación, y para asegurarnos que el sistema de control de verticalidad de la maquina funciona correctamente, deberemos asegurar que la torre de la perforadora se coloque en posición vertical. Para ello, debemos comprobar que el display de la cabina que posee la máquina marque una inclinación 0.

Las perforadoras están provistas de un sistema de verticalidad compuesto de un sensor de coordenadas en dos direcciones perpendiculares, situado en la torre de la perforadora, totalmente ajustado a la vertical del suelo y provisto de unos silent-block o amortiguadores que absorben las vibraciones de la maquina durante la perforación.



Figura N° 3.11: Equipo de Sensor de coordenadas

Este dispositivo está compuesto por un cajetín metálico hermético, teniendo en su interior un sistema de sensores bañados en glicerina para evitar el desgaste. Este sistema consta de una base en forma de cono con resistencias por el que se desplaza un detector que hace contacto y manda la señal a la pantalla indicadora.

En el interior de la cabina del operador, tenemos una pantalla que mediante unos led luminosos nos indican en que preciso momento la torre esta desnivelada en cualquiera de sus sentidos, como en la imagen siguiente donde se puede ver que esta desplazada dos grados negativos en el eje longitudinal de la perforadora y otros dos grados positivos en el eje perpendicular.

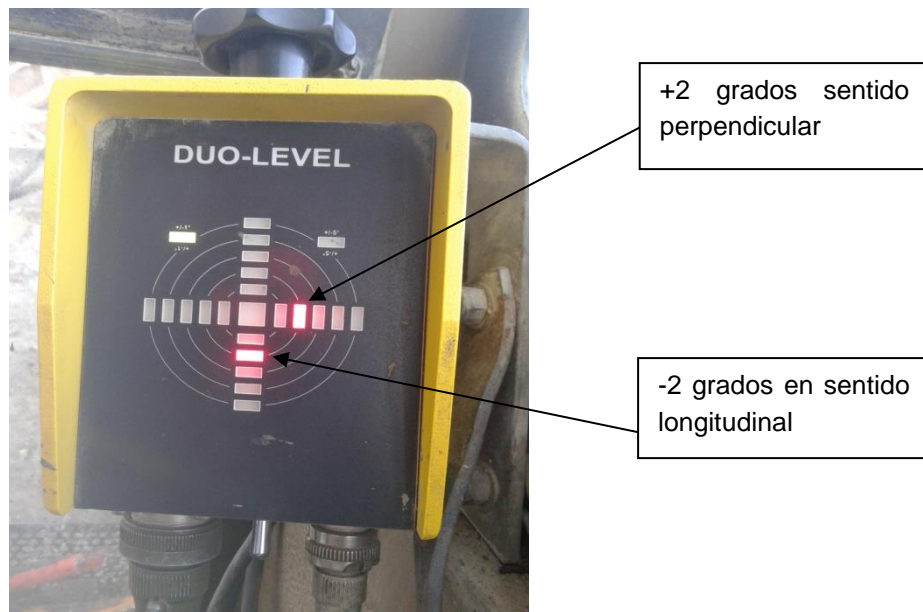


Figura N° 3.12: Vista frontal del Equipo de Sensor de Coordenadas

El operador de la maquina accionando un manipulador desplaza las botellas hidráulicas que sujetan la torre de perforación hasta que los led de las coordenadas se unan en el centro del indicador, como se ve en la siguiente foto:

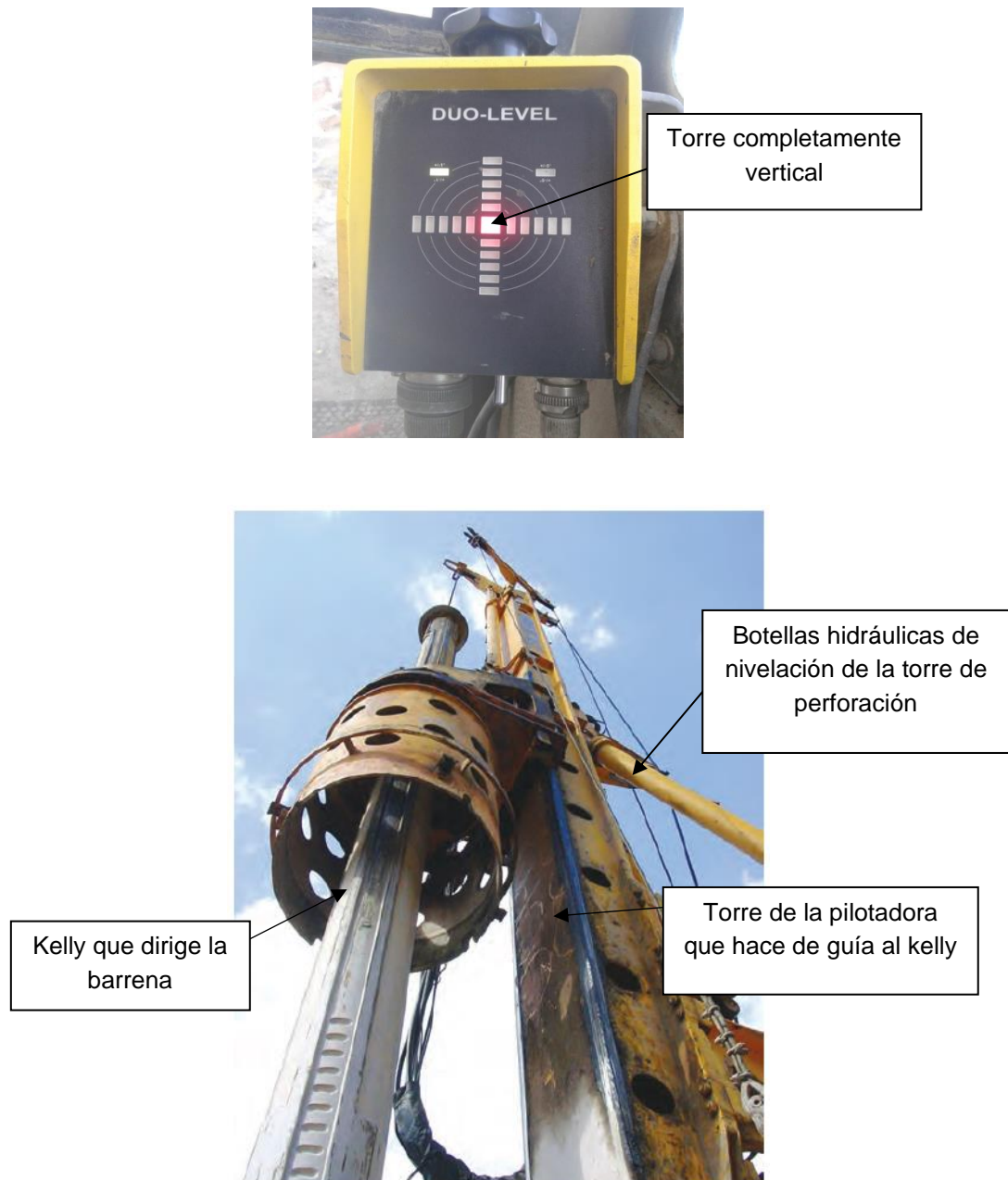


Figura N° 3.13: Partes del Kelly en Pilotera

Al inicio de la perforación, y como comprobación del correcto funcionamiento del sistema de verticalidad, el topógrafo se colocará en dos posiciones desde las que conseguir visuales perpendiculares, y revisará la torre de perforación de la pilotadora para comprobar que el sistema está bien calibrado. El operador de la máquina sitúa la torre en posición y a continuación el topógrafo se sitúa en dos posiciones que controlen cualquier desviación de la torre respecto a la vertical.

Esta calibración será necesaria a la hora del inicio de los trabajos de la pilotadora, y cada vez que se traslade a otro frente de trabajo, no siendo necesario de realizar en cada pilote.

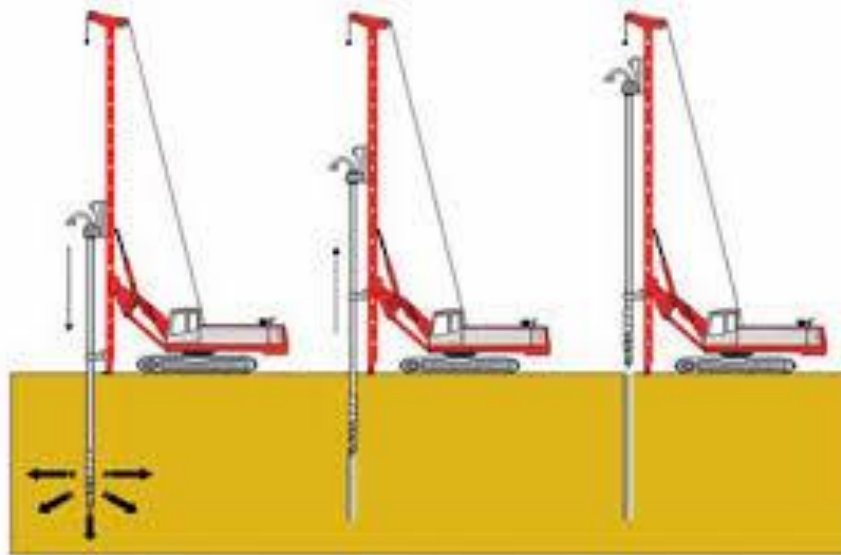


Figura N° 3.14: Vista en elevación de la Pilotera

Una vez calibrada la torre de perforación que guía el Kelly, se podrá comenzar la excavación, ya que estará asegurada la verticalidad mientras se mantenga controlado con el sensor de la máquina. Al inicio se colocarán camisas que servirán de guía al pilote, las camisas, se deberán introducir verticalmente, para lo que se deberá de contar con un nivel electrónico, que colocándolo en dos direcciones nos asegure la verticalidad de la camisa.

Como medida adicional de guiado de la perforación, en este tipo de trabajos es recomendable trabajar con una guía superior del Kelly (upper Kelly guide) para mejor control de la verticalidad.

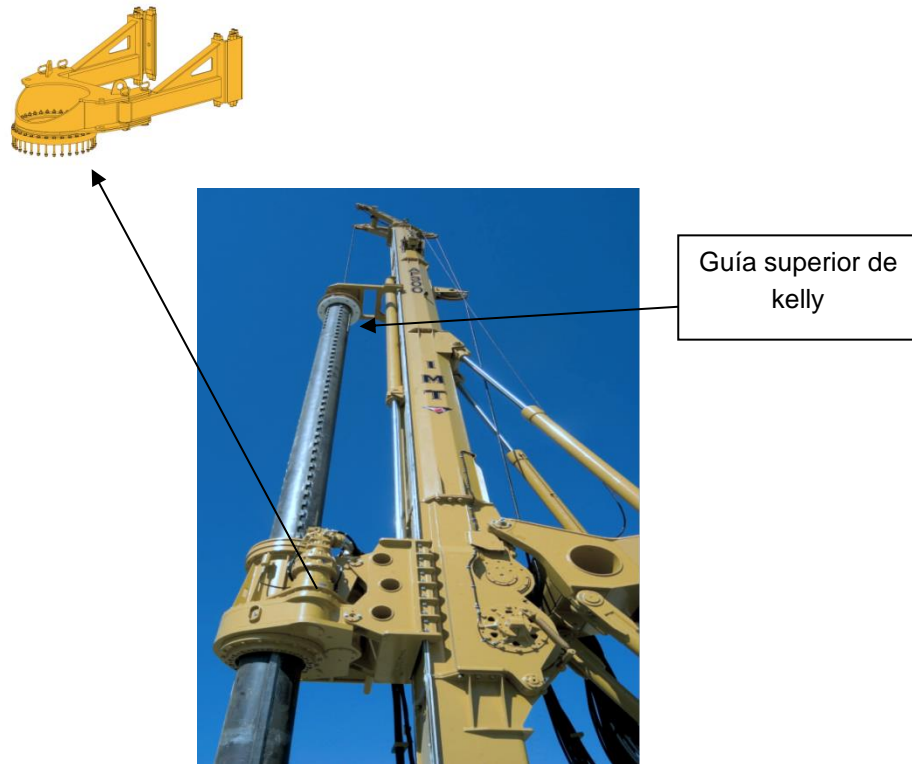


Figura N° 3.15: Vista en alzado del Kelly en la Pilotera

3.6.6. Comprobación de las armaduras

Debe comprobarse el amarre, cantidad de barras, disposición y espaciamiento entre las barras que integran la armadura de cada panel o batache, verificando que correspondan con lo indicado en los planos y planillas de despiece.

3.6.6.1 Descabezado de las pantallas:

Se realiza para eliminar la parte superior del concreto contaminado y sucio y un mínimo del concreto sano por encima del nivel de coronación de toda la sección de la Pantalla. Para el descabezado se restringirá el uso de maquinaria pesada, se utilizará maquinaria de mediano tamaño tales como retroexcavadoras (Mixtas) o similares, en los sectores donde se considere que no se puede dañar a la Pantalla, mientras que al estar cerca de la armadura el descabezado se realizará con maquinaria manual, teniendo el cuidado respectivo para no dañar la armadura, se descabezará hasta llegar al concreto sano.

Programa de Puntos de Inspección (PPI)

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
Consideraciones previas							
1	Verificación de existencia de permisos, autorizaciones y licencias para el inicio de las actividades.	Cumplimiento de Ley Peruana	Documental	Previo al inicio de actividades	- Calidad - Legal	R	Existen todos los permisos y autorizaciones
2	Verificación de Planos y especificaciones técnicas.	Cumplimiento de Estudio de ingeniería - EDI	Documental	Previo al inicio de actividades	Oficina Técnica	R	Planos aprobados y distribuidos
3	Verificación de que se ha realizado y aprobado la línea base de instrumentación	PC 700	Documental	Previo al inicio de actividades	Oficina Técnica	R	Informe de línea base presentado y aprobado

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
Materiales. Acero de refuerzo. Jaulas							
4	Recepción del acero de refuerzo, calidad y tipo	Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas Básicas, planos, ingeniería de detalle	Visual, Documental	Cada Jaula.	Calidad	R	Calidad del acero $F_y \sim 4200 \text{ Kg/cm}^2$, grado 60 según ASTM A706. IR 3006. Informe de Recepción acero.

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
5	Verificación de la preparación y armado de la jaula	Planos IT 3016	Visual	Cada jaula	Calidad	PE	<p>La tolerancia del ancho total de la armadura será de ± 30mm. Separación entre barras Verticales y Estribos, ± 10 mm. Para barras con separaciones menores a 30 cm el amarre de los cruces es alternado, para barras separadas más de 30 cm el amarre será en todos los cruces. Para el caso de las asas y rigidizadores los mismos serán soldados (no estructural). Se verificará longitud de los traslapes y longitud de las soldaduras en las uniones correspondientes. En los casos en que empleen manguitos se comprobará su colocación en función de la rosca. Se verificará la colocación de separadores para asegurar el recubrimiento mínimo: 7.5cm. uno cada 10 m² como mínimo. Instalación de asas para el izaje y rigidizadores.</p> <p>Registro: PTC-CA-002.</p>

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES																
Materiales. Lodos Bentoníticos																							
6	Verificación de las características de lodos Bentoníticos	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Ensayo	Inicio de la excavación y antes del vaciado de concreto.	- Calidad - Laboratorio	PC	Características del lodo: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Propiedad</th> <th>Fresca</th> <th>Reutilizada</th> <th>Antes de vaciado de concreto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad (Kg/lts)</td> <td><1.10</td> <td><1.25</td> <td><1.15</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad Marsh (seg)</td> <td>32 a 50</td> <td>32 a 60</td> <td>32 a 50</td> </tr> <tr> <td>Contenido de arena (%)</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </tbody> </table> <p>PTC-CA-0008. Control lodos. Y FCE-3023.</p>	Propiedad	Fresca	Reutilizada	Antes de vaciado de concreto	Densidad (Kg/lts)	<1.10	<1.25	<1.15	Viscosidad Marsh (seg)	32 a 50	32 a 60	32 a 50	Contenido de arena (%)	N/A	N/A	N/A
Propiedad	Fresca	Reutilizada	Antes de vaciado de concreto																				
Densidad (Kg/lts)	<1.10	<1.25	<1.15																				
Viscosidad Marsh (seg)	32 a 50	32 a 60	32 a 50																				
Contenido de arena (%)	N/A	N/A	N/A																				
Materiales. Concreto																							
7	Verificación de la vida útil del concreto fresco en obra	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Laboratorio	Cada mixer	Laboratorio	PC	El concreto en descarga deberá tener menos de 2.5 horas de haber salido de la planta. <p>PTC-CA-0005. Control diario de vaciados y muestras de concreto estructural</p>																

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
8	Verificación de características del concreto fresco aspecto, Asentamiento y Temperatura.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Laboratorio	Cada mixer	Laboratorio	PC	<p>Concreto con buena cohesión, homogeneidad y sin segregación, asentamiento 9" \pm1,5". Temperatura máxima 35°C y mínima 10°C.</p> <p>PTC-CA-0005. Control diario de vaciados y muestras de concreto estructural</p>
9	Toma de muestra de concreto	Normas Europeas	Ensayo	Cada 50 m3, al menos 1 por panel.	Laboratorio	PC	<p>Se tomarán un mínimo de 4 probetas cilíndricas de 6"x12" o 6 probetas de 4" x8" por cada muestra o serie.</p> <p>Registro: Control de muestras del laboratorio.</p>

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
10	Verificación de la resistencia del concreto vaciado. (30 MPa a 28 días de edad)	Normas Europeas	Ensayo	Cada Muestra.	- Calidad - Laboratorio	R	<p><u>Concreto Convencional:</u> a.- Ningún ensayo individual de resistencia estará por debajo de la resistencia de diseño (Fc) por más de 35 Kg/cm² (en este caso 26.5 MPa) b.-El promedio de todas las series de tres ensayos consecutivos es igual o mayor que la resistencia de diseño. (30MPa).</p> <p>Certificado del ensayo por muestra según laboratorio.</p>
Control de ejecución							
11	Replanteo inicial y de las referencias para excavación, acero y concreto.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Topográfica	Previo al inicio de la excavación de cada Panel	- Producción - Topografía	PC	Replanteo según planos del proyecto. Registro: PTC-CA-0011.

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
12	Verificación del nivel de lodo en la excavación.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Medición	Durante la perforación	Producción	PC	Se verifica que el nivel de lodo tixotrópico se mantenga en todo el proceso de perforación. Siempre deberá. Registro: FCE 3023.
13	Verificación de la profundidad de la excavación.	Planos	Métrica	Al final de la excavación de cada panel.	Producción	PC	Se verifica con cinta métrica o plomada la profundidad de perforación de cada pilote, nunca deberá ser menor a la indicada en el proyecto. Registro: FCE 3023.

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
14	Verificación de ubicación final de la armadura de acero dentro del panel perforado.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Visual	Cada Pilote	Producción	PC	<p>La tolerancia de la cota de las jaulas después del vaciado de concreto será de ± 50 mm; cuando estas llevan manguitos, armaduras de espera inserciones u otros, esta tolerancia será de ± 70 mm. Mientras que la tolerancia para la posición horizontal será de ± 70mm.</p> <p>Registro: FCE 3023.</p>

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
15	Verificación del proceso de concretado y colocación de tubería(s) tremie.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Visual	Cada pilote	Calidad	PC	<p>Comprobación de la correcta manipulación y colocación de las tuberías Tremie, para paneles superiores a 3,2 mts de largo se colocarán dos tuberías. La longitud de las tuberías será 20 cm menos que la profundidad total del panel; debiendo en todo momento mantenerse al menos 3 metros de tubería inmersa en el concreto que se está colocando.</p> <p>Se utilizará el mismo registro del subcontratista así como Registro: FCE 3023.</p>
16	Cota del concreto	Planos	Métrica	Cada pilote	Producción	PC	<p>La cota del concreto se situará al menos 30 cm sobre la cota teórica, para poder realizar el descabezado.</p> <p>Registro: FCE 3023.</p>

INSP. NÚM.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PROCEDIMIENTO / NORMA / REQUISITO	TIPO DE INSPECCION	INTENSIDAD DE MUESTREO	AREA RESPONSABLE	PUNTO DE ESPERA	ESPECIFICACIONES
17	Comprobación de la ubicación en planta y verticalidad.	PC 3019 PC 3020 PC 3021	Geométrica	Al final de la excavación de cada panel.	- Producción - Topografía	PE	Las desviaciones transversales máximas serán de 60 mm La verticalidad deberá estar dentro del 1% de la profundidad en ambas direcciones longitudinal y transversal, dicha tolerancia podrá variar en función de la presencia de bolos u otros obstáculos. Registro: PTC-CA-0011.
18	Descabezado de los paneles.	Planos	Visual	Cada pilote	Producción	PC	El descabezado se realizara hasta el concreto sano y nunca menos de 30cm. Registro: PTC-CA-0010.

PE: Punto de Espera.

PC: Punto de Control.

R: Registro

Tabla N° 3.9: Programa de Puntos de Inspección (PPI)

3.7 CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILAS PILOTES DE CONCRETO ARMADO EN ESTACIONES

3.7.1 Control de Materiales.

Tanto el concreto, el acero de refuerzo y los tubos para el control sónico, empleados en la ejecución de las pilas pilotes, tal y como se establece en el Plan de Calidad de las Obras, deberán someterse a los siguientes tipos de controles:

- Control de suministro: Deberá existir una especificación de compras de obligado cumplimiento por parte de la empresa suministradora
- Control de recepción: Se elaborará un informe de recepción, indicando la periodicidad y tipo de inspecciones a las que deberá someterse el material que se recibe en obra.

3.7.2 Control de Concreto.

En la recepción del concreto, debe comprobarse que lo solicitado coincida con lo recibido: tipo de concreto, consistencia y temperatura, tamaño de los áridos, trabajabilidad y bombeo del concreto.

Previamente al inicio de los trabajos se deberá disponer de los ensayos característicos de las dosificaciones a emplear.

Como control de producción se controlará a la llegada de cada camión el asentamiento, temperatura y vida útil del concreto; además se tomarán probetas para verificar la resistencia a compresión simple, se tomará 1 muestra cada 50m³ de concreto vaciado y como mínimo 1 muestra en cada pila pilote.

3.7.3. Control del acero del refuerzo

En la recepción del acero, debe comprobarse que lo recibido coincida con lo solicitado: tipo de acero, características generales, aspecto, condiciones de

acopio. Dado que el suministro y montaje de las jaulas de armadura de acero de las pilas pilotes está subcontratada, este subcontratista será la responsable de facilitar al responsable de calidad la documentación del acero empleado debidamente ordenada conteniendo la guía de remisión la información oportuna para la correcta realización de la trazabilidad del acero empleado y todos los ensayos correspondientes.

3.7.4. Control de las propiedades de los lodos Bentoníticos

Se comprobará la dosificación, densidad, consistencia (embudo de Marsh) y pH. Los lodos bentoníticos tendrán entre 3 y 5 % de bentonita. Su densidad será menor de 1,20 g/cm³, su consistencia estará entre 32 y 50 seg (e. Marsh) y su pH entre 7 y 11, según la fase de ejecución de la pila pilote.

Las propiedades que debe satisfacer el lodo bentonítico fresco, durante la perforación y durante el vaciado de concreto vienen dadas en la siguiente tabla:

Propiedad	Unidad	Suspensión en estado:		
		Fresca	Reciclada (lista para reutilizar)	Antes del vaciado
Densidad	g/cm ³	< 1,10	--	< 1,15
Cono Marsh	Seg.	32 a 50	32 a 60	32 a 50
pH		7 a 11	7 a 12	--
Contenido de arena	%peso	--	--	4

Cuadro N° 3.1 – Propiedades del Lodo Bentonítico

Se prestará especial atención a la adecuada dosificación y maduración del lodo. Cabe señalar que las características del producto cambian según sea el tipo, procedencia, etc. por lo que puede ser necesario comprobar y corregir periódicamente las dosificaciones.

3.8 PRUEBA DE CARGA EN FUNDACIONES PROFUNDAS DE LAS ESTACIONES.

3.8.1 Datos básicos

Tal y como lo indican el RNE y los EDI de las estaciones correspondientes, se deberán ejecutar al menos 1 prueba de carga cada 50 elementos, por lo cual se ha acordado que en caso de las estaciones de la etapa 1A se realizará 1 prueba de carga por cada estación siguiendo el método de la celda de Osterberg, La prueba de carga será realizada en un elemento adicional, construido en las adyacencias de cada una de las estaciones.

La Celda de Osterberg u O-cell es un dispositivo de gatos o celdas hidráulicas de sacrificio bidireccionales, calibradas, que se instalan en el interior del pilote de fundación. El ensayo consiste en aplicar incrementos de presión a la celda, la cual genera la fuerza bidireccional y la expansión de la celda; Las mediciones obtenidas son: presión, de la cual se puede obtener la carga en la punta y fuste del elemento, movimientos ascendentes y descendentes, la expansión de la O-Cell y desplazamiento en varios niveles de strain gages.

Se debe medir los desplazamientos de las placas superiores e inferiores de la celda Osterberg de forma que, junto con la medición de la cabeza del pilote, determinar la curva de carga equivalente en cabeza del pilote.

Este ensayo se realiza en conformidad con la norma "ASTM D1143 Standart Load Test Method for Piles Under Static Axial Load", según el método indicado en la Especificación para Ejecución de Pruebas de carga de cada estación. La gran ventaja de la celda de Osterberg es poder separar automáticamente el comportamiento del fuste y de la punta del pilote.

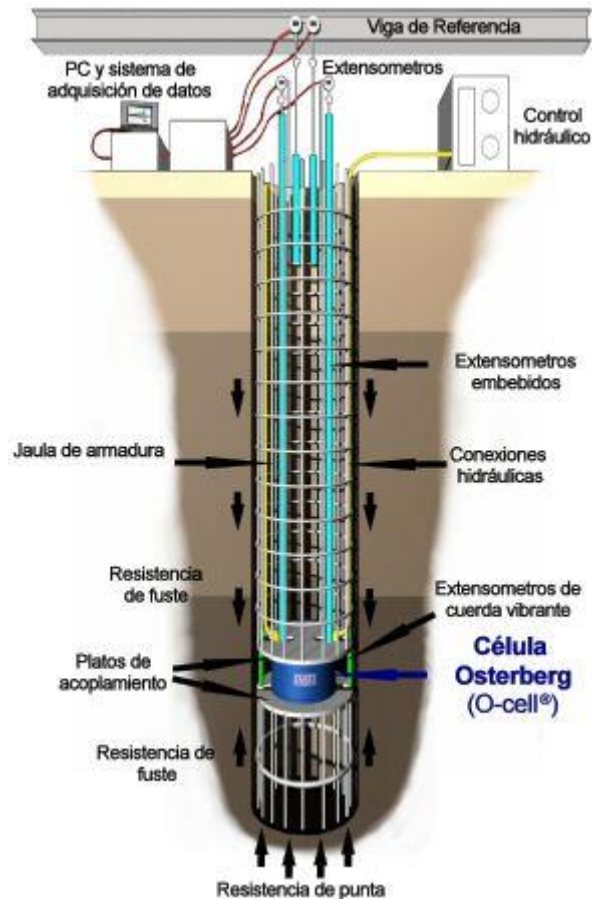


Figura N° 3.16 - Configuración general de un pilote – pila-pilote instrumentada para ensayo de O-CELL

Debido a que el detalle de la longitud, diámetro, armadura, ubicación de la celda y la ubicación de la instrumentación depende de los parámetros del suelo, así como del diseño mismo de los diferentes elementos de una misma estación, no es posible definir en el presente documento el detalle de cada prueba, sin embargo se indica que para cada una de las estaciones se presentara una Especificación para la Ejecución de Prueba de Carga en Pilote de la Estación XX; emitido por el proyectista, en el cual se presentara como mínimo el siguiente detalle:

- Introducción y alcance
- Datos básicos
- Planteamiento de la prueba de carga
- Perfil longitudinal geotécnico y definición de las características geométricas del pilote a realizar
- Determinación de la carga de hundimiento del pilote

- Cálculo de la resistencia por fuste desarrollada por el pilote ejecutado para la prueba de carga
- Análisis de las descargas de las pilas-pilotes diseñadas en la estación EXX
- Planteamiento de la prueba de carga
- Ubicación del pilote
- Características geométricas del pilote
- Carga a aplicar
- Instrumentación
- Escalones de carga
- Finalización de la prueba
- Aceptación de los resultados
- Armado de pilote

3.8.2 Ejecución

La ejecución misma de la prueba comienza desde el diseño del ensayo, ya que para cada caso se deberá determinar la correcta ubicación de la celda hidráulica de forma de poder movilizar el máximo de la resistencia por punta y fuste del pilote, siendo la carga de fuste necesaria como parte de la reacción del ensayo, lo cual estará detallado para cada ensayo en una especificación realizada por el Proyectista.

Luego de la anterior se debe considerar que constructivamente, hay que asegurar un adecuado hormigonado de la punta del pilote bajo la celda, para que pueda reaccionar adecuadamente, lo cual se logra con un arreglo especial del armado, el cual estará en función de las dimensiones de la celda, y que igualmente estará definido en la fase de diseño de cada una de las pruebas.

El montaje de la O-Cell, consistente en la instalación de los dispositivos hidráulicos y la instrumentación (strain gages), soldados a los cuerpos de la armadura ajustados para la prueba, asegurando que la O-Cell quede en la cota establecida para el ensayo. La celda de Osterberg consistirá en la O-Cell del tamaño especificado soldada a dos platos metálicos de 50mm de espesor.

El ensayo se ejecuta nunca antes de al menos 7 días de vaciado el elemento, y previo a verificar que el concreto ya tenga una resistencia a compresión simple igual o superior a 34 MPa, que corresponde al 85% de la resistencia de diseño.

Cuando comienza el ensayo la celda es internamente presurizada creando fuerzas equivalentes en ambas direcciones en los componentes del pilote arriba y debajo de la celda. La fuerza unidireccional para una presión interna dada se determina usando el coeficiente de calibración de la celda, el cual viene incluido en el certificado de la calibración de la misma.

A lo largo del ensayo la instrumentación será automáticamente leída cada 30 segundos y la curva carga deformación para el pilote por encima y debajo de la O-cell son graficados en tiempo real.

La expansión de la O-Cell será medida directamente por transductores lineales de desplazamiento de cuerda vibrante (LVWDTs-Geokon model 4450 o similar). Los LVWDTs son fijados en forma rígida a la placa superior y placa inferior de la O-Cell. Los LVWDTs tienen un rango de medición de 250mm y tienen una precisión de lectura de 0,01mm.

La compresión entre la placa superior de la O-Cell y la cabeza del pilote es medida mediante dos dispositivos indicadores consistentes en una tubería metálica de 1/2" con una barra interior de 1/4" cada una. El telltale de compresión está monitoreado por los transductores electrónicos de desplazamiento. Los transductores tienen un rango de medición de 50mm y una precisión de lectura de 0,01mm. El desplazamiento del pilote se podrá medir usando un dispositivo similar al telltale que se extienda entre la cabeza del pilote y la superficie del terreno. Una junta deslizante será instalada en la tubería del indicador donde ella cruce el ensamblaje de la O-Cell.

Se instalarán strain gages (Geokon Model 4200 o similar) en diferentes niveles de elevación embebidos dentro de los pilotes de prueba de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Los strain gages tendrán un rango de medición de 2500 $\mu\epsilon$ y tendrá una precisión de lectura de 1 $\mu\epsilon$. Los strain gages estarán localizados al interior de las armaduras.

Durante el ensayo la carga aplicada es determinada según la relación entre la presión hidráulica aplicada y la carga dada por la calibración de la O-Cell. La presión hidráulica aplicada para cada intervalo de carga será medida mediante un manómetro tipo Bourdon y un transductor electrónico de presión. El transductor de presión será utilizado para tener una lectura y control automático de las cargas. El manómetro Bourdon se utilizará para un chequeo visual.

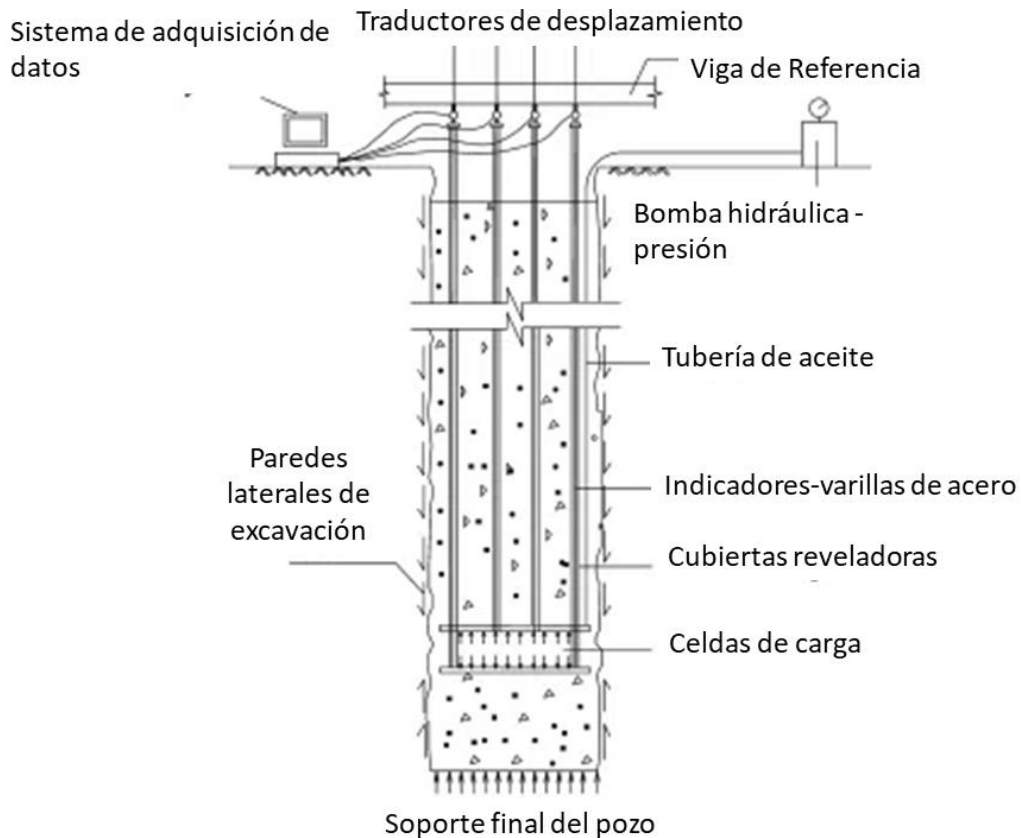


Figura N° 3.17 - Esquema de la instrumentación

El movimiento absoluto de la cabeza del pilote será medido usando un par de niveles topográficos digitales automáticos (Leica NA 3000 series o similar). Los niveles topográficos monitorearán una barra rígida invariante montada en la cabeza del pilote desde una distancia mínima dada por cinco veces el diámetro del pilote medido desde su eje axial. Los niveles automáticos tendrán un rango mínimo de medición de 150 mm y una precisión de lectura de 0,01mm.



Figura N° 3.18 – Cabeza del pilote de prueba con instrumentación y cableado.

3.8.3 Criterios de aceptación

Análisis de los Resultados

Se generara un informe con los resultados de cada ensayo entregado los resultados de carga-deformación para una carga equivalente en la cabeza del pilote, carga-tiempo y desplazamiento-tiempo. También se presentara la distribución de carga a los largo del pilote de acuerdo a lo medido por la instrumentación.

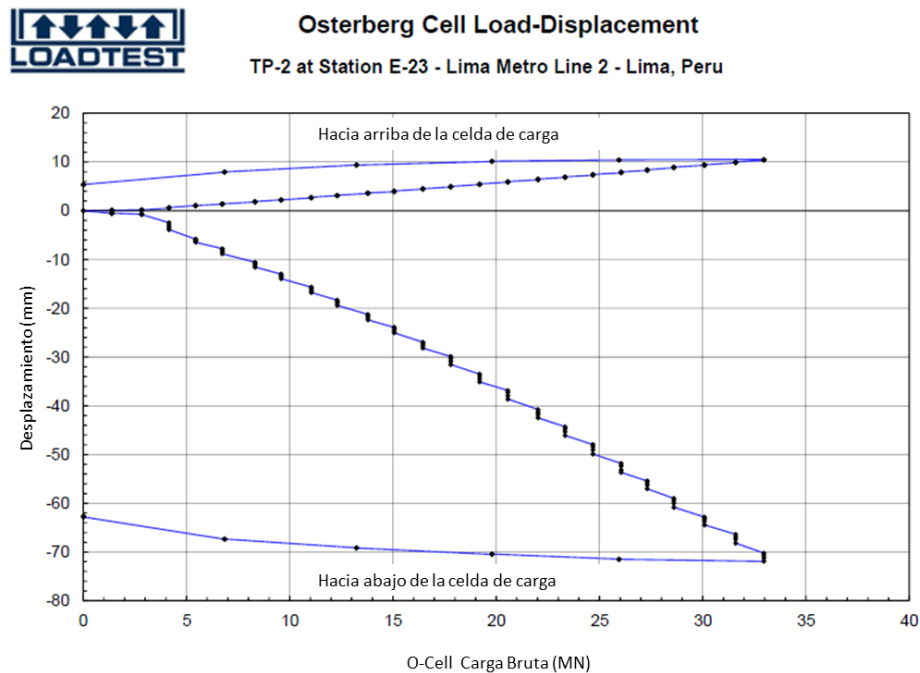


Figura N° 3.19 – Curva carga - deformación por encima y por debajo de la celda de carga.

Fuente: Metro de Lima

Los criterios de aceptación de la prueba están relacionados en cada caso con los parámetros de carga de diseño de la fundación profunda ensayada, considerando una prueba como satisfactoria siempre que los valores de la resistencia por punta y fuste obtenidos sean mayores a los considerados en los cálculos del elemento.

3.9 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO IN-SITU EN ESTACIONES

Datos básicos

3.9.1 Generalidades

- a) Todos los procedimientos y equipos del ensayo cumplirán con las normas técnicas disponibles, es este caso la Norma ASTM D4554 – 12 (Standard Test Method for In Situ Determination of Direct Shear Strength of Rock Discontinuities).
- b) Debido a los efectos de escala, no existe un método simple de predicción de la resistencia cortante in-situ de las gravas de Lima en ensayos de corte directo en Laboratorio en cuerpos de prueba; los ensayos in-situ de cuerpos de prueba de grandes dimensiones son los medios más confiables.

3.9.2 Resumen del ensayo

- a) Este ensayo es desarrollado en bloques (especímenes) tallados manualmente, en forma de cubo en el terreno natural que es aislado en todas sus caras aparentes, excepto la superficie de la base del cubo que viene a ser la superficie del plano de corte.
- b) Los bloques son tallados de tal forma que no son perturbados durante las operaciones de preparación. La base del bloque coincide con el plano a ser cortado.
- c) Una carga normal es aplicada perpendicularmente al plano de corte y luego una carga lateral es aplicada para inducir el corte del cuerpo de prueba a lo largo de la superficie de falla inducida.

3.9.3 Equipos

Los equipos en general para la ejecución del ensayo son:

- Equipo de tallado y encapsulamiento.
- Equipo para aplicación de carga normal, incluye gatos hidráulicos, células de carga con sistema hidráulico capaz de mantener la carga normal dentro del 2% de la carga seleccionada, y sistema de reacción (por carga muerta o por anclajes).
- Equipo para aplicación de fuerza cortante lateral, incluye gatos hidráulicos, células de carga con sistema hidráulico capaz de aplicar la fuerza cortante y sistema de reacción con la mureta de concreto.
- Equipo para medición de la fuerza aplicada, tanto de carga normal como cortante.
- Equipo para medición de desplazamientos verticales y horizontales.

3.9.4 Ejecución

Para la ejecución del ensayo de corte directo en resumen se puede indicar que las actividades fundamentales durante la ejecución del ensayo son:

Fase 1: Armado de la viga de reacción y tallado

Una vez concluido la fase de excavación y llegado a la cota final para la ejecución del ensayo de corte directo in situ se realizarán los siguientes pasos:

- Se procederá a la señalización y marcado de los puntos donde se fijaron los anclajes que sostienen la viga de reacción.
- Estos puntos serán excavaciones con dimensiones de 50 x 50 x 150 cm aproximadamente.
- Se utilizará mezcla de concreto ciclópeo para cimentar los anclajes.
- Se procederá al marcado de los especímenes con dimensiones de 70 x 70 x 35 cm.

Se procederá a realizar el murete de reacción horizontal.

Fase 2: Montaje de los equipos

El montaje de los equipos se ejecutará con los siguientes pasos:

- Vestido de la caja metálica, se realizara teniendo el cuidado necesario para no dañar el espécimen.
- Nivelada la caja.
- Rellena el espacio intermedio entre el espécimen y la caja metálica con una mezcla de lechada de cemento para rellenar las oquedades e irregularidades de los bloques.
- La colocación de la carga vertical, se colocara sobre la plancha metálica (tapa) los rodillos y sobre estos colocaremos la gata hidráulica.
- La colocación de la carga horizontal, se apoyará al murete de concreto armado.

La instrumentación, consta de colocar las celdas de cuerda vibrante en las posiciones adecuadas para que la unidad de lectura registre las cargas que serán aplicadas. Además se coloca los relojes comparadores digitales para medir las deformaciones que el espécimen sufrirá al ser aplicadas las cargas del ensayo.

Fase 3: Ensayo del espécimen

Se inicia con la etapa de consolidación aplicando la carga vertical, iniciando con una fuerza de 0.0 KN, luego gradualmente con incrementos se elevara la fuerza hasta llegar a las cargas efectivas de ensayo.

Se registraran los asentamientos con la ayuda de cuatro relojes comparadores instalados en los sobre de la tapa.

En la etapa de corte se inician los incrementos de fuerza desde un valor 0.0 kN, luego gradualmente se incrementara la fuerza.

A través de los equipos de medición conectados con la unidad de lectura se va registrando las cargas aplicadas y con los relojes comparadores digitales se va registrando las deformaciones.

3.9.5 Criterios de aceptación

3.9.5.1 Mediciones de Deformación y de Tensión

Siempre y cuando la ejecución del ensayo sea realizada según lo indicado en el presente instructivo, el ensayo se considerara valido, no existiendo un valor particular de aceptación del mismo.

Los datos para obtener en campo las tensiones aplicadas serán registrados en una unidad de lectura, el incremento de carga será gradual. Los datos de deformación serán registrados mediante relojes comparadores digitales.

3.10 CONTROL DE CALIDAD PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS DE CUBIERTA PARA LAS ESTACIONES

3.10.1 Control de Materiales.

Los diferentes tipos de material, membranas asfálticas y geotextiles empleados, contaran un certificado de calidad por lote; el cual será entregado con frecuencia requerida, además se aplicará:

- Control de suministro: Deberá existir una especificación de compras de obligado cumplimiento por parte de la empresa suministradora
- Control de recepción: Se elaborará un informe de recepción, indicando la periodicidad y tipo de inspecciones a las que deberá someterse el material que se recibe en obra.

3.10.2 Control geométrico (tolerancias).

El control geométrico estará enfocado en la longitud de los traslajos y la ubicación de los mismos; debiendo cumplir con traslajos longitudinales y transversales de al menos 5 cm; los traslajos transversales no coincidirán con los transversales de otra corrida de instalación; es decir nunca quedaran cuatro puntas juntas.

La forma correcta de hacer los traslajos se presenta en la figura N° 3.20, se indica además que el criterio de las 4 puntas se aplica entre las sucesivas capas (mantos) de los diferentes tipos de membranas asfálticas a colocar, debiendo entonces no ser coincidentes los traslajos longitudinales y transversales entre diferentes mantos o capas.

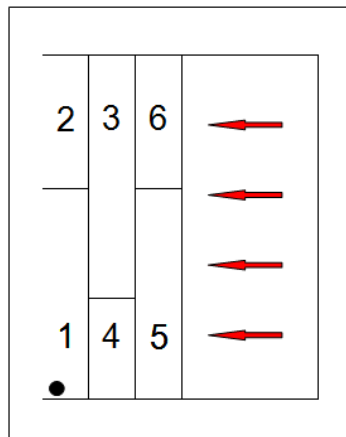


Figura N° 3.20: Nótese que en las juntas no se encuentran 4 puntas, solo 2.

3.11 CONTROL DE CALIDAD PARA LOS RELLENOS SOBRE LOSAS DE CUBIERTA DE LAS ESTACIONES.

3.11.1 Datos básicos

- a) Todos los materiales empleados en los rellenos cumplirán con las características técnicas indicadas en los estudios de ingeniería (EDI) correspondientes.
- b) La cota final de estos rellenos –coronación- será de ± 1 cm con respecto a la teórica. Si por causas de los asentamientos, las cotas finales superiores se encontraran fueran de las tolerancias indicadas, se planteara una alternativa regularizando con una nueva capa, ya que en el caso de las estaciones la coronación no queda vista.
- c) La conformación de la corona se iniciará por tramos, una vez concluidos los trabajos de relleno del cuerpo (Relleno con material propio de la excavación) de conformidad con todos los aspectos técnicos y geométricos aplicables. La finalización de los trabajos de relleno del cuerpo, será verificada por la Supervisión de forma previa al inicio de los trabajos de conformación de corona.

3.11.2 Maquinaria y equipos

A continuación se indican a modo de referencia los equipos con los cuales se contará para realizar todas las labores contempladas en este instructivo:

- Cargador frontal.
- Camiones volquete.
- Rodillos Compactadores.
- Motoniveladoras.
- Cisterna agua.
- Bulldozer.
- Esparcidora

3.11.3 Materiales

Los materiales a emplear estarán constituidos por cantos rodados, rocas sanas, compactas, y estables frente a la acción de agentes externos, resistentes y durables; libres de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; adicionalmente deberán cumplir los siguientes requisitos:

Material para relleno del Cuerpo (Material Procedente de la Propia Excavación)

Los materiales que se empleen en la construcción del relleno deberán provenir de las excavaciones de la explanación, deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales, debidamente autorizado.

La granulometría del material cumplirá con las siguientes características:

- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz $\frac{3}{4}$ " será inferior al setenta (70%) y superior al treinta por ciento (30%).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz N°200 será inferior al veinte por ciento (20%).
- El tamaño máximo (TM) estará comprendido entre 100 mm y 300 mm. Asimismo no deberá superar los $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa compactada.

Estos parámetros son referenciales; podrán variar siempre que se demuestre con un relleno de pruebas que se cumplen los requerimientos de densidad y deformación, indicados más adelante.

Desgaste

El material por utilizar no podrá presentar un desgaste mayor al 30% al ser sometido al Ensayo de Abrasión de los Ángeles.

Forma de las partículas

Tal y como indica el EDI en caso de emplear materiales no procesados, es decir el material propio de la excavación, canto rodado, no será necesario realizar esta verificación; sin embargo de requerirse el empleo de materiales procesados, triturados la forma de las partículas deberá cumplir con lo siguiente:

El contenido de peso de partículas con forma inadecuada será inferior al treinta

por ciento (30%). A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$(L+G)/2 > 3E$$

Siendo:

L = Longitud: separación máxima entre dos planos paralelos tangentes a la partícula

G = Grosor: diámetro del agujero circular mínimo que puede atravesar la partícula.

E = Espesor: separación mínima entre dos planos paralelos tangentes a la partícula.

Los valores de L, G y E, no deben ser necesariamente medidos en tres direcciones perpendiculares entre sí.

La frecuencia para la verificación de las propiedades indicadas anteriormente será la siguiente:

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AAHSTO	FRECUENCIA (*)	LUGAR DE MUESTREO
Granulometría	MTC E 107	D 422	T27	1 cada 2000 m3 *	Cantera
Abrasión de Los Ángeles	MTC E 207	C 535	T96	1 cada semana *	Cantera

Cuadro N° 3.2 – Frecuencia para verificación de las propiedades

Material para rellenos de Coronación

- El tamaño máximo será de 75 mm.
- El Índice de plasticidad será inferior al 10%.
- Desgaste Los Ángeles 60% máximo.
- Tipo de Materiales: A-1-a; A-1-b; A-2-4 y A-3
- Cantidad máxima de materia orgánica < 5.0%

La frecuencia de ensayos será la indicada en la siguiente tabla.

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Terraplén	Granulometría	MTC E 204	D 422	T29	1 cada 1.000 m ³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 1.000 m ³	Cantera
	Contenido de material Orgánico	MTC E 118	—	—	1 cada 3.000 m ³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 3.000 m ³	Cantera
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 1.000 m ³	Pista
	Compac-tación Base y cuerpo	MTC E 117	D 1556	T191	1 cada 500 m ²	Pista
	Compac-tación Corona	MTC E 124	D2922	T238	1 cada 250 m ²	Pista

Cuadro N° 3.3 – Frecuencia de ensayos para material de relleno

3.11.4 Ejecución

Rellenos del Cuerpo, con Material Propio de la Excavación

Se notificará al responsable de calidad de la obra, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que éste verifique los trabajos topográficos y las características de los materiales a emplear y los lugares donde ellos serán colocados, en coordinación con la Supervisión.

Adicionalmente los trabajos de rellenos no podrán comenzar hasta que el concreto haya alcanzado por lo menos el 80% de su resistencia, es decir 32Mpa.

Determinación de Características a través del tramo de prueba

Tal y como se indica en los EDI de referencia la ejecución del tramo de prueba para la losa de cubierta no será necesario, ya que el material de relleno que será empleado es compatible con el empleado en el tramo de prueba de otro frente de obra, específicamente con el del Patio Taller Santa Anita, por lo cual se tomaran los parámetros allí establecidos, aprobados por la Supervisión y aplicados en la ejecución de los rellenos del cuerpo.

Compactación

El material de relleno se colocará y/o acomodará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de explanación, de espesor uniforme de $55 \text{ cm} \pm 5.0 \text{ cm}$, valor verificado en el terraplén de pruebas del Patio Taller Santa Anita y cumple con lo indicado en los EDI de estaciones; de modo que se obtenga el nivel de densificación requerido.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE NO CONFORMIDADES

4.1 DEFINICIONES

De acuerdo a lo establecido de la norma ISO 9001:2015, se presenta a continuación la definición de algunos términos que nos ayudara a entender de manera más clara lo expresado en el presente capítulo, asimismo se adjunta en el anexo N°3 la matriz de RNC con registro fotográfico.

Requisito: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Conformidad: Cumplimiento de un requisito.

No Conformidad: Incumplimiento de un requisito.

Acción Correctiva: Acción para eliminar la causa de una No conformidad y evitar que vuelva a ocurrir.

Acción Preventiva: Se anticipan a la causa, y pretenden eliminarla antes de su existencia. Evitan los problemas identificando los riesgos. Cualquier acción que disminuya un riesgo es una acción preventiva.

4.2 CRITERIOS ASUMIDOS PARA ESTABLECER UNA NO CONFORMIDAD

Los puntos que requieren una No Conformidad de acuerdo a lo establecido en nuestro proyecto son los siguientes:

Materiales de construcción, equipos de planta permanentes y productos terminados que se encuentran en discordancia con los requerimientos aprobados del proyecto como especificaciones aplicables, planos, códigos y estándares; y los cuales muestren que la calidad de los mismos es inaceptable o indeterminada, requieren la generación de un Reporte de No Conformidad (RNC)

En base a las definiciones arriba mencionadas se han escogido de manera aleatoria las No Conformidades más representativas en el proyecto, las cuales nos ayudaran a evaluar el proyecto y en forma más especial el plan de calidad propuesto para las obras subterráneas, esto tomando en consideración el concepto de mejora continua establecido en la ISO para mejorar el desempeño del proyecto.

4.3 LISTADO DE NO CONFORMIDADES

Los reportes de No Conformidad presentados a continuación son a manera de ejemplo, en ellos se presenta el problema detectado a través de inspecciones diarias en obra por parte del equipo de calidad del proyecto, para mayor detalle se presenta en el anexo 3 copia de los reportes de No Conformidad en su formato original.

Reporte de No Conformidad N°06

Título: Concreto de baja Resistencia a la Compresión en el Anillo N°1 del Pozo de Ventilación PV21.

Descripción: El día 23.09.2015, mediante el documento ML2-CARTA-2015-1315, ingresan los resultados a 7 días de los Ensayos de Resistencia a la Compresión realizado a los tres (03) testigos extraídos verticalmente desde la superficie del Anillo N°1 del Pozo de ventilación PV21 y cuyo vaciado de concreto fue el día 11-07-2015, los cuales fueron tomados el día 11.09.2015, y en donde nos a da conocer para cada muestra lo siguiente:

PV21-A1A#3# = 19.7 MPa

PV21-A1A#4# = 19.3 MPa

PV21-A1A#3# = 20.1 MPa¹

El promedio de estos resultados equivale a 19.7 MPa, valor no satisfactorio por encontrarse por debajo de 40 MPa, requerimiento mínimo de aceptación para resistencia a la compresión indicado en el EDI correspondiente. Además, debemos manifestar que dichos testigos fueron tomados debido a que los resultados de ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días en la muestra de concreto de concreto de 40 MPa empleado en dicho anillo del pozo, enviado a la Supervisión con carta ML2-CARTA-2015-1052 de fecha 17/08/2015, no fueron satisfactorios de acuerdo a la normatividad técnica vigente.

Acciones Correctivas: Se realizaron los ensayos en los respectivos laboratorios, obteniéndose los siguientes resultados, Laboratorio Mota valor promedio de $f'c = 252.7 \text{ kg/cm}^2$, Laboratorio Cesel $f'c = 465 \text{ kg/cm}^2$, Laboratorio PUCP $f'c = 429 \text{ kg/cm}^2$, con estos resultados se concluye que los valores de resistencia a la compresión obtenidos por los laboratorio de Cesel y PUCP cumplen con los valores exigidos en las norma E-060 del RNE, rechazando los

¹ Representa la codificación que se usó en los testigos de concreto endurecido

resultados del Laboratorio Mota por sus valores muy bajos, según la carta ML2-CARTA-2015-1721 de fecha 20/11/2015.

Acciones Preventivas: Se realizará la evaluación a los procedimientos de los ensayos del laboratorio Mota, también se evaluará la posibilidad de contar con otro laboratorio para la realización de ensayos de control de calidad por parte del Concesionario, además de realizar un control de calidad al concreto desde la planta de fabricación.



Fig. N°4.1 Ejecución de extracción testigos de concreto para pruebas de compresión, en la zona observada por el Reporte de No Conformidad.

Reporte de No Conformidad N°11

Título: Verificación de espesores del concreto proyectado o shotcrete en la primera etapa (h=6m) de la ejecución del revestimiento primario del Túnel de Línea Tramo 5 de la Etapa 1 A.

Descripción: Hasta el momento y luego de la verificación de espesores del concreto proyectado o shotcrete, en la primera etapa (h=6m) de la ejecución del revestimiento primario en las PK 22+062, PK 22+074, PK 22+085, PK 20+009 y PK 20+019 del lado ATE- PV20 y PK 20+937, PK 21+000 y PK 21+012 del lado ATE-PV21, Túnel de Línea Tramo 5 de la Etapa 1A; se han encontrado que estos no cumplen con los requisitos de aceptación estipulados en el Programa de Puntos de Inspección PPI-4010 del Procedimiento Constructivo PC 4010 de Excavación y Sostenimiento Primario del Túnel Convencional excavado por el método NATM.

Acciones Correctivas: una vez completada la excavación del avance y antes del inicio de la siguiente fase de excavación (destroza) se realizará en todos los túneles la colocación de shotcrete en las zonas donde sea necesario, así como el picado de las zonas donde el shotcrete invade el revestimiento secundario, en todos los casos las zonas a rellenar o picar serán determinadas con los controles topográficos y según los resultados verificados con perforaciones.

Una vez completada o en paralelo con lo anterior, se determinarán en conjunto las nuevas zonas para la verificación de los espesores, según la metodología indicada en el EDI correspondiente.

Acciones Preventivas: Se han cambiado operadores de robot con la finalidad de mejorar la colocación del shotcrete; adicionalmente se está solicitando a la planta un volumen superior para el relleno del avance. Para el control de los espesores durante la colocación se utilizarán los tresillones y la barra interna de las cimbras como guías, siendo solo del orden de 2,5 a 3 centímetros el recubrimiento de estos.

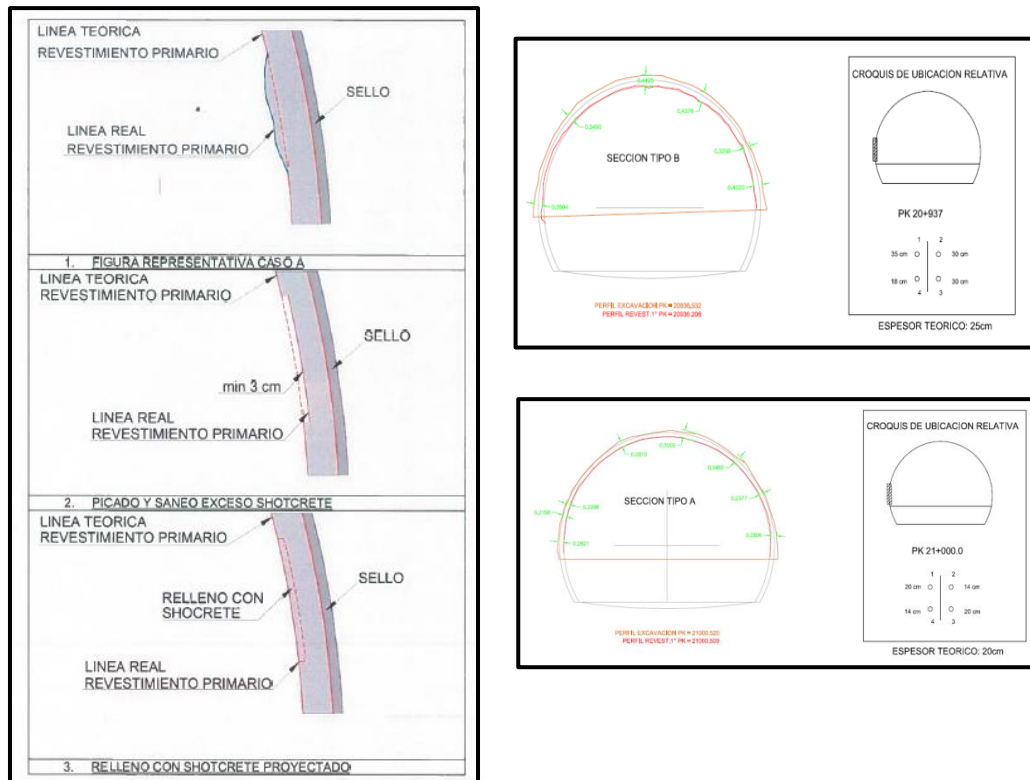


Fig. N° 4.2 Explicación y levantamiento topográfico a las secciones construidas en el proyecto para verificar la observación.

Reporte de No Conformidad N°17

Título: Deficiencias en la construcción de muros pantallas del Pozo de Ataque del Túnel Ramal de Acceso al Patio Taller Santa Anita - Etapa 1A.

Descripción: Durante la inspección visual del día 29-09-16, realizados a los primeros 4m de profundidad de los muros pantalla del Pozo de Ataque del Túnel Ramal de Acceso al Patio Taller Santa Anita-Etapa 1A, se encontraron las siguientes deficiencias constructivas:

Observación 1. Se aprecia que en un extremo del muro pantalla "Inicio 4", el concreto no completo toda la zona de vaciado. Esta zona estaba invadida por el lodo bentonítico, exponiéndose la armadura de refuerzo, ver imagen N°02 del panel fotográfico adjunto.

Observación 2. Se aprecia que en la zona de junta entre los muros pantalla "Inicio 5" y "Avance 6", se presenta segregación de concreto, exponiéndose también la armadura de refuerzo.

Observación 3. Se aprecia que en la zona de junta entre los muros pantalla "Inicio 4" y "Cierre 3", hay zonas en donde el concreto no completó la zona de

vaciado. Esta zona estaba invadida por el lodo bentonítico, ver imagen N°04 del panel fotográfico adjunto.

Acciones Correctivas: Indicamos que tanto para la observación 1 como para la observación 3, ambas corresponden a la pantalla N°4 según la modulación se propone la siguiente solución:

1. Picado mecanizado manual de toda el área afectada, tanto en la zona correspondiente al ancho de la pantalla (observación 1) como en la zona de la junta con la pantalla N°3. Con este picado se eliminarán no solo los restos de bentonita sino el concreto contaminado, por ende dicho picado se realizara hasta alcanzar el concreto sano, cuidando de no dañar y descubrir el acero de refuerzo.

2. limpieza con agua a presión o aire, con la finalidad de eliminar cualquier resto de polvo o partículas sueltas que puedan comprometer la adherencia entre el concreto endurecido y el próximo a colocar.

3. En el caso del desperfecto correspondiente a la observación 1, se colocará un encofrado de dos caras, en el caso de la observación 3 no se requiere el uso de encofrados.

4. Considerando las dimensiones de los desperfectos se procederá en ambos casos a la colocación de shotcrete proyectado de 35 Mpa sin fibra (dosificación empleada y aprobada por la Supervisión en el Túnel de Línea del Tramo 1A); dicha mezcla garantizará no solo la resistencia de la estructura, sino su rápida puesta en obra y su buen poder de adherencia y penetración. Dicha solución se plantea de manera excepcional ya que en la misma trinchera del Patio Taller Santa Anita se contará en los próximos días con el equipo de proyección de shotcrete.

5. Colocación de membrana de curado de alguna casa comercial reconocida.

Según sea el desperfecto se podrá de mutuo acuerdo con la Supervisión, realizar alguna de las reparaciones menores aplicando un mortero de reparación tipo Sika Rep PE el cual alcanza una resistencia de hasta 500 kg/cm² a 7 días de edad.

En cualquier caso la reparación se realizara considerando mantener un recubrimiento mínimo del acero de 75 mm.

Se propone el uso del shotcrete de 35 Mpa empleado en el sostenimiento del túnel de línea, debido a que este tipo de concreto presenta no solo buena adherencia sino buena capacidad de amoldarse a geometrías irregulares,

presentando tamaños máximos inferiores a 12 mm, además de ser altamente impermeable debido al contenido de finos.

Adicionalmente indicamos que una vez completados los puntos 1 y 2 (picado y limpieza), se validara en conjunto con la Supervisión la acción correctiva propuesta; pudiendo ser necesario en algún caso reemplazar la colocación del shotcrete por la colocación del mismo concreto de las pantallas, empleando para ello encofrados con buzones.

Adicionalmente indicamos que en cualquier caso las reparaciones serán coordinadas con la Supervisión mediante Solicitud de Inspección. La metodología indicada será extensible a los desperfectos que se encuentran en las pantallas, una vez verificados por la Supervisión.

Acciones Preventivas: Con la finalidad de que dichos desperfectos no se repitan en la obra se preparó un instructivo para reforzar las consideraciones especiales en el vaciado de concreto de las pantallas, IT-3030 adjunto.



Fig. N°4.3 Acero expuesto en muros pantalla empotrados para la construcción del pozo de ataque en la zona del patio Taller.

Reporte de No Conformidad N°20

Título: Deficiencias en la colocación del encofrado para muretes guía del revestimiento secundario del túnel PV21 Lado Callao - Etapa 1A.

Descripción: Luego de hacer la verificación post vaciado de los muretes guía 4 y 5 del Túnel PV21 lado Callao, se ha concluido que el encofrado ha sufrido desplazamientos respecto de su posición de liberación inicial, en el módulo 5, detectándose desviaciones de hasta 3 cm, superando el mínimo valor que es 2 cm, esto demuestra que es necesario aumentar la cantidad de elementos de fijación del encofrado. Asimismo, las evidencias muestran que el encofrado ha sufrido un giro, ocasionado por empuje del concreto, por lo que se estaría incumpliendo con la función principal del murete guía, que es el alineamiento del encofrado en bóveda para el revestimiento secundario del túnel.

La Supervisión solicita que se tomen las medidas correctivas y preventivas, a fin de no afectar la colocación del encofrado en bóveda para el revestimiento secundario del túnel.

Acciones Correctivas: Se procederá al corte mediante disco, del concreto que ha quedado desfasado hasta la completa alineación del murete guía del módulo con sus contiguos. Posteriormente, se procederá al pulido del concreto del paramento del murete guía.

Acciones Preventivas: Para solucionar este problema, además de asegurar de que todos los pernos estén correctamente colocados y sujetos, se dispondrá doble perno en los extremos de cada módulo para evitar posibles movimientos. Adicionalmente, durante el vaciado, se controlará la posición del encofrado para así asegurar que no se está desplazando durante la operación del vaciado.



Fig.N°4.4 Vista del muro guía reparado, acomodo de pernos adicionales en los encofrados para muros guía para una mejor sujeción.

Reporte de No Conformidad N°23

Título: Tolerancias y deficiencias en el encofrado para el vaciado en bóveda del revestimiento secundario.

Descripción: Durante la ejecución del vaciado del revestimiento secundario del módulo 6 (aproximadamente en el PK 20+710) del túnel NATM PV21 lado callao, se ha evidenciado que el encofrado ha cedido, no soportando las presiones del concreto. Por tal motivo, luego de realizar la inspección post vaciado de la mencionada estructura, de acuerdo al reporte topográfico adjunto, se ha detectado que en algunas zonas se han superado las tolerancias permitidas y establecidas en el Procedimiento Constructivo ML2-CJV-CAL-PC-4014, donde se indica lo siguiente: "En el concreto la tolerancia dimensional para todas las caras visibles de los elementos de concreto, verificadas una vez desmoldada la estructura será (+400mm/-20mm)". Asimismo, tampoco se ha cumplido con lo estipulado en el numeral 6,4,3 Encofrado, 6.4 Procedimiento Constructivo Revestimiento Secundario, 4.4 Especificaciones Técnicas Detalladas: Trabajo en mina, del estudio aprobado EDI 1A-12, donde se establece lo siguiente: "La

estructura portante del carro de encofrado se diseñará y construirá de manera que a la vez de ser estructuralmente capaz de soportar la carga del concreto fresco...".

Acciones Correctivas: Se revisarán los encofrados y se dará el mantenimiento adecuado.

Acciones Preventivas: Se revisará el procedimiento constructivo y se tendrá especial cuidado durante los encofrados de los módulos a vaciar.

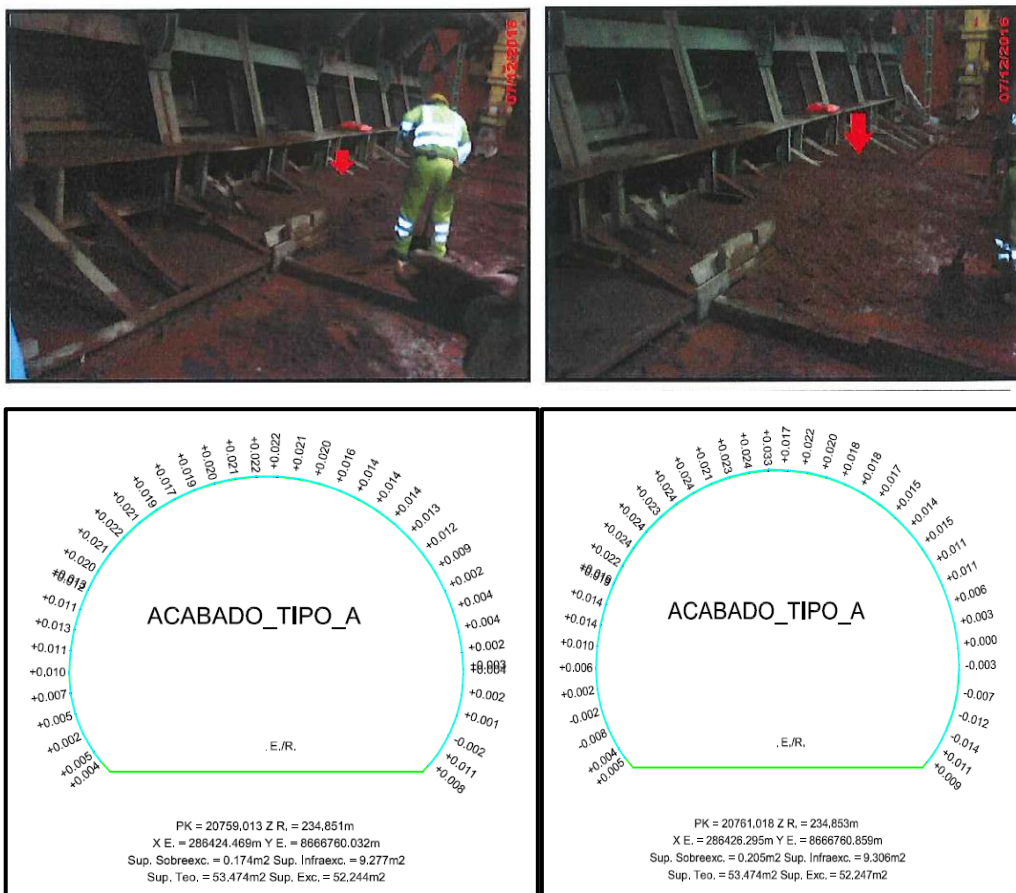


Fig.N°4.5 Vista de la observación al muro guía construido en el tramo del túnel, también se muestra el levantamiento topográfico a la sección de túnel

Reporte de No Conformidad N°24

Título: Deficiencias en el encofrado para el vaciado en bóveda del revestimiento secundario.

Descripción: Durante la ejecución del vaciado del revestimiento secundario del módulo 10 (aproximadamente entre los PK 20+758 y 20+770) del túnel NATM PV21 lado callao, se ha evidenciado que el encofrado ha cedido, no soportando las presiones del concreto. Por tal motivo, se han ocasionado fugas en el concreto, no cumpliendo lo estipulado en el numeral 6.4.3 Encofrado, 6.4 Procedimiento Constructivo Revestimiento Secundario, 4.4 Especificaciones Técnicas Detalladas: Trabajos en Mina del estudio aprobado EDI 1A-12, donde se establece lo siguiente: "La estructura portante del carro de encofrado se diseñará y construirá de manera que, a la vez de ser estructuralmente capaz de soportar la carga del concreto fresco...". Asimismo, debemos mencionar que una de las características que todo encofrado debe cumplir es la estanqueidad de las juntas entre los paneles de encofrado de los moldes, previniendo posibles fugas por las mismas.

Acciones Correctivas: No se realizarán ninguna acción correctiva en relación a las dimensiones del túnel por que no ha sido afectada, en relación al correcto ajuste del encofrado se seguirá lo señalado en la RNC-23.

Acciones Preventivas: Se reforzará mediante charla de capacitación las verificaciones y ajustes del encofrado.

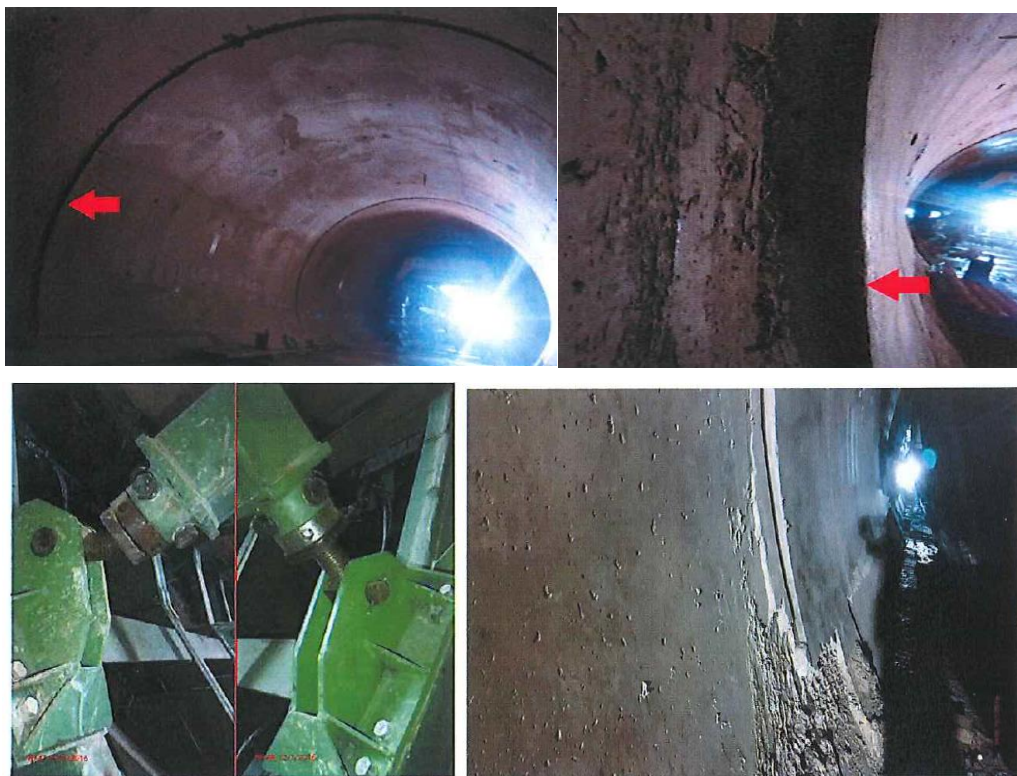


Fig.Nº4.6 Vista de la observación al muro guía construido en el tramo del túnel

Reporte de No Conformidad N°27

Título: Errores en fabricación y en montaje de pilares de Nave Principal de Mantenimiento.

Descripción: Se verifica que existen 22 pilares, fabricados con excesiva longitud (1.45m), de los cuales 12 han sido montados en los sectores 2 y 4 de la Nave en mención (Ver documento adjunto), durante los días 13 al 21 de diciembre del 2016. Además el día 30 de diciembre, se montaron dos pilares (A-12 y A-13), pertenecientes al sector 3; sin embargo estos han sido montados de forma incorrecta, en posiciones cambiadas.

Acciones Correctivas: Consisten de manera resumida en:

1. Desmontaje de los pilares que corresponde, según instructivo técnico de nuestro sub contratista PREANSA, desmontaje de pilares prefabricados, código 1079IT16.12_0105 - adjunta a la presente nota; que fuera enviado por correo electrónico a la supervisión de obra el pasado 27 de diciembre de 2016. Dicho instructivo técnico fue aceptado por la Supervisión mediante correo electrónico y al día 04-01-2017 ya estaban todos los pilares desmontados. Una vez desmontados los pilares fueron trasladados a las instalaciones de PREANSA.
2. Corrección longitudinal de pilares prefabricados, según instructivo técnico de nuestra sub contratista PREANSA, corrección longitudinal de pilares prefabricados, código 1079IT16.12_0101- adjunto a la presente nota; que fuera enviado por correo electrónico a la supervisión de obra el pasado 04 de enero del 2017. Adicionalmente el día martes 03 de enero de 2017 se realizó una visita conjunta a las instalaciones de la panta para verificar la ejecución y terminación de dicho tratamiento con observaciones favorables por todos los presentes, en dicha visita se solicitó una memoria de cálculo de dichos pilares modificados, la cual se adjunta a la presente nota.
3. Apertura de ductos corrugados en pedestales, código 1079IT16.12_0103- adjunto a la presente nota; que fuera enviado por correo electrónico a la supervisión de obra el pasado 04 de enero de 2017.
4. Montaje de los pilares modificados según procedimiento correspondiente de montaje.

Acciones Preventivas: Se considerara como punto de espera (PE) el montaje de los pilares faltantes, por lo cual se notificara mediante solicitud de inspección la Supervisión para las verificaciones correspondientes; aplicando para ello un protocolo de control.



Fig.4.7 Vista de la observación en la colocación de los pilares prefabricados del Patio Taller Santa Anita (PTSA).

Reporte de No Conformidad N°29

Título: Daño a las mallas tipo Q524 de la Contrabóveda - PV23 Lado Callao y Lado Ate.

Descripción: Durante la ejecución de la contrabóveda de los módulos 1 del PV23 Lado Callao y Lado Ate, solo se ejecutaron una sección de dichos módulos, debido a que no se habían concluido los trabajos de muros pantalla de la estación E-23 y de la Estación E-24, por lo que se dejaron que las mallas electrosoldadas Tipo Q524 (150x150xØ10), tanto en la capa superior como

inferior, sobresalgan 45cm aproximadamente para que luego de haber concluido las pantallas se pueden traslapar y completar los módulos.

El día 13-01-2017 en el lado Ate se reanudaron los trabajos para el revestimiento primario en los últimos 6 m para llegar a la estación E-24 y luego el día 18-01-2017, en el lado Callao, realizaron los mismos trabajos hacia la estación E-23. Una vez concluidos dichos trabajos y al momento de realizar la limpieza de material, dañaron las mallas electrosoldadas Tipo Q524, tanto en la capa superior como en la capa inferior.

Acciones Correctivas: Indicamos que seguiremos la siguiente secuencia de trabajo:

1. Se completará una limpieza manual para descubrir el 100% de las mallas.
2. En el caso de zonas con leve afectación simplemente con ayuda de topografía se colocará la malla en su posición teórica, esto básicamente en los extremos.
3. En los casos de mayor afectación a la malla se realizará lo siguiente:
 - ✓ Se limpiará la malla de acero.
 - ✓ Se realizará el corte al ras con el concreto de las barras deformadas
 - ✓ Se insertará acero del mismo diámetro (10 mm para el caso de malla Q524) a un costado del acero cortado, específicamente a 1cm debajo de las barras cortadas para no dañar la malla ya embebida en el módulo anterior, para ello se perforara el concreto hasta una profundidad igual o mayor a 16.5cm, con un diámetro de perforación mínimo de 12 mm, dicha perforación se limpiara con aire desde el fondo hasta la salida cumpliendo con las indicaciones de la ficha técnica de la resina a emplear, HILTI HIT-HY-110, para finalmente colocar la resina y anclar la barra. Las barras a insertar tendrán una longitud no menor a 61.5cm y se mantendrán en posición horizontal hasta que la resina haya endurecido. Siendo la resina a emplear de secado rápido 50 minutos aprox., no se requiere ningún tipo de protección específica del acero durante el corto intervalo de tiempo.
 - ✓ El acero transversal se repondrá con varillas.
 - ✓ Se realizará una prueba de arrancamiento hasta una carga equivalente al 85% de la fluencia del acero empleado en la primera varilla instalada de cada solera.

Finalmente indicamos que el Consorcio incluirá los trabajos de reparación de este registro de No Conformidad en las solicitudes de inspección.

Acciones Preventivas: Adjuntamos un IT-4019 “Sistema de Protección de Armadura e Impermeabilización durante la Excavación y Revestimiento Primario de los Tramos Finales de Entronque del Túnel con las Estaciones”, el cual será aplicado a los frentes de trabajo que corresponda.

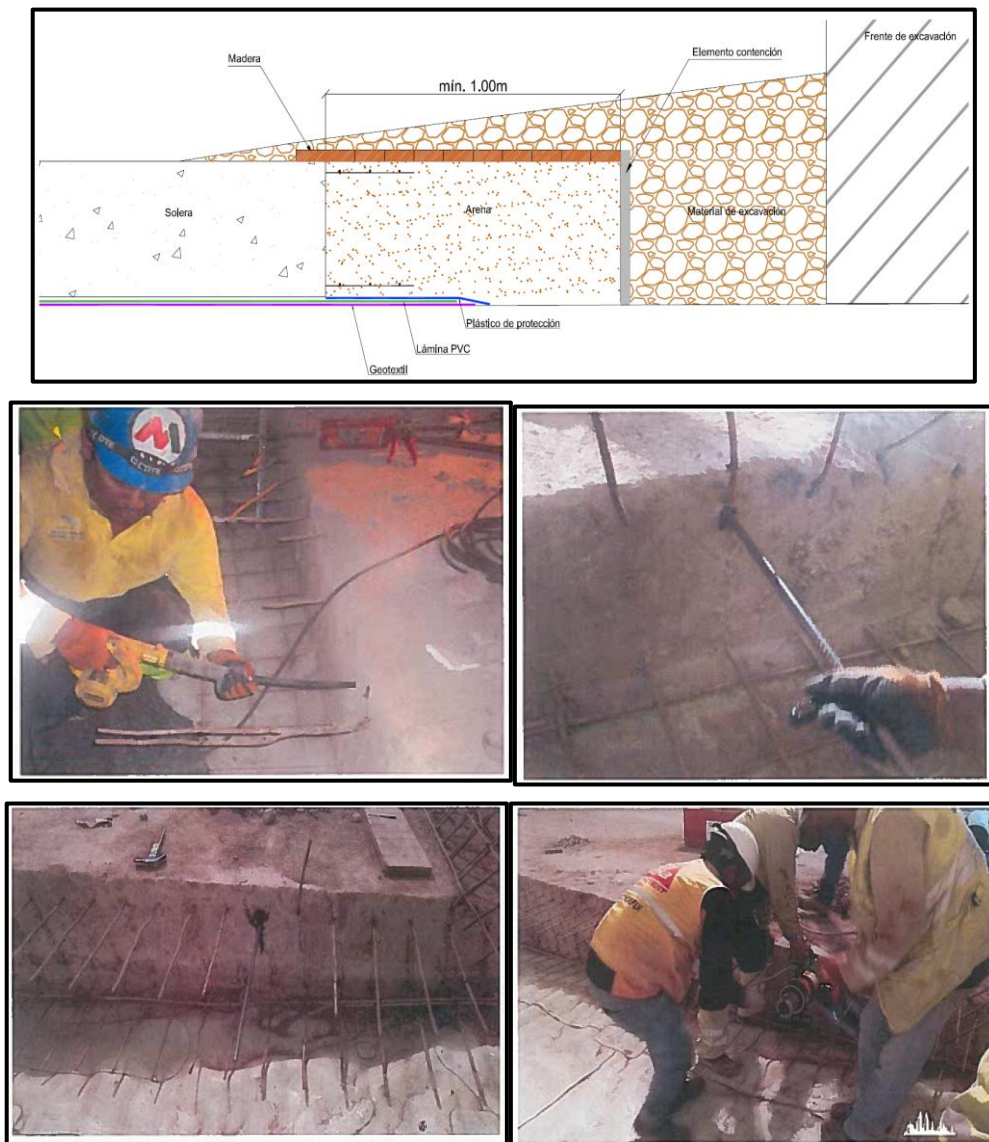


Fig.Nº4.8 Vista de la observación y levantamiento de la No Conformidad, además de las pruebas que corroboran la aplicación de las medidas correctivas.

Reporte de No Conformidad N°34

Título: Destrucción de inclinómetros INPPA01 - Entronque Pozo de ataque con Túnel NATM 2 - Ramal de acceso al PTSA - Etapa 1A.

Descripción: Tal como lo manifestamos en el asiento de cuaderno de obra N° 760 del 17-02-2017, el día 16-02-2017 durante la demolición del entronque del muro pantalla (denominado Cierre N°10) del pozo de ataque con el túnel ramal NATM 2, el Concesionario ha destruido el inclinómetro INPPA01, instalado en dicho muro. Este hecho se debe a una inadecuada ubicación del inclinómetro dentro del muro pantalla en mención.

Al respecto, el Concesionario propuso y ejecutó la restitución del inclinómetro afectado por tres dianas de precisión topográfica, lo cual y en opinión de la Supervisión, expuesta con el asiento N° 766, no cumplen la misma función del equipo destruido.

Acciones Correctivas: Al respecto indicamos que mantenemos lo expresado en los asientos del libro de obra No. 774 y No. 793; en los cuales se presenta las explicaciones técnicas que sustentan la implementación de la medida correctiva, la cual consistió en este caso en la instalación de puntos de convergencia sobre la pantalla donde se encontraba el inclinómetro destruido, ya que dichos instrumentos permitirán contar igualmente con datos de deformación tanto horizontales -como las entregadas por el inclinómetro- y además con datos de deformación vertical -no entregadas por el instrumento original-.

Acciones Preventivas: Indicamos que nos hemos reunido con todo el personal responsable de la instalación de la instrumentación así como con nuestro subcontratista APPLUS para informar de lo sucedido y que en las próximas ocasiones en las cuales se requiera reubicar un instrumento se estudie de manera más detallada la nueva posición informado anticipadamente a la Supervisión.

Reporte de No Conformidad N°37

Título: No instalación de los 3 extensómetros de varilla - sección especial de Auscultación.

Descripción: Se ha instalado la sección especial de Auscultación entre las cerchas 69 y 70 (PK 0+109,8 aproximadamente), dicha sección especial corresponde aproximadamente con la ubicación de los hitos de nivelación en superficie.

En la sección especial mencionada se han instalado los siguientes componentes: 4 puntos de convergencia, 1 diana de nivelación en clave, 3 celdas de presión y 3 pares de extensómetros de cuerda vibrante, no habiéndose instalado los 3 extensómetros de varilla indicados en el estudio aprobado EDI1A-13.

Reporte de No Conformidad N°38

Título: Deficiencias en la verticalidad de muro pantalla N°64 en la Estación 24: "Mercado Santa Anita"- Zona3.

Descripción: Durante la inspección realizada el día 18/04/17 en los primeros 8.0 m de profundidad de los muros pantalla en la Estación 24: "Mercado Santa Anita", Zona 3, se aprecia una desviación en la verticalidad del muro pantalla N°64, los cuales sobrepasan las tolerancias establecidas en el EDI 1A-10 donde se establece que para esta profundidad debería ser de 8 cm (1% de la profundidad), sin embargo en campo se tiene una desviación de 37 cm. Se adjunta el levantamiento topográfico donde se precisa lo observado por la supervisión.

Acciones Correctivas: Indicamos que a nivel de losa de vestíbulo se observa que el muro pantalla N°64 no presenta ningún tipo de interferencia con alguna estructura proyectada en el sector, por lo que no es necesario realizar corrección alguna, posteriormente continuando con la excavación, se analizará la continuidad de la inclinación del muro pantalla hasta el nivel de losa de fondo, una vez en dicho nivel después de la excavación, se verificará la geometría y posible interferencia del muro pantalla con la pasarela peatonal y/o pases de instalaciones, de existir y comprobarse alguna interferencia se elaborará una nota técnica describiendo la solución a adoptar.

Reporte de No Conformidad N°41

Título: Daño a los equipos de auscultación en secciones especiales.

Descripción: Durante la verificación en el programa SIGTUN se observó que algunos instrumentos instalados en las Secciones Especiales de Control (celdas de presión y extensómetros de cuerda vibrante), colocados a lo largo del Tramo 5 del Túnel de Línea de la Etapa 1A, no presenta lecturas desde el año 2016, lo cual indicaría que dichos instrumentos habrían sido dañados. Estos instrumentos son:

1. Extensómetros de cuerda vibrante: 190163T, 190163L, 190164T, 197333T, 211776T, 211774T y 227232L
2. Celdas de Presión: 211772R, 227233R, 227232R

Sin embargo, de acuerdo al numeral 8.3.8 del Anexo 6 del Contrato de Concesión, "EL CONCESIONARIO será responsable por cualquier daño deliberado o accidental causado a los instrumentos, debiendo protegerlos y reemplazar de inmediato todo instrumento que no funcione dentro de las tolerancias de exactitud especificadas".

Asimismo, de acuerdo al Anexo 6 antes citado, estos equipos serán empleados para el monitoreo durante la etapa de operación del Proyecto.

Se adjunta la tabla donde se detallan los equipos observados, la cual ha sido entregada al Concesionario en la reunión específica de Auscultación del día 28-04-2017.

Acciones Correctivas: Debido a que los instrumentos (ECV y CP) de las secciones especiales de instrumentación han sido instalados en la estructura del revestimiento primario, actualmente, para la restauración de los 11 instrumentos citados, deben removerse 9 locales a lo largo del túnel. La instrumentación citada (ECV y CP), ha cumplido su función principal. El monitoreo de la respuesta del sostenimiento primario antes de la ejecución del definitivo para verificación de las hipótesis de diseño y estabilidad del mismo, es decir, se trata de instrumentación geotécnica asociada al método observacional.

Acciones Preventivas: Por parte del Concesionario corresponde seguir lo establecido en el EDI T2T5 y en el Procedimiento de Auscultación PC-700-TNL aprobados.

Reporte de No Conformidad N°46

Título: Presencia de Cangrejeras en Losa de Cubierta y Losa de Vestíbulo.

Descripción: Con fecha 16/06/17, se observa pequeñas oquedades en la losa de cubierta y la losa de vestíbulo, por lo cual se procede a instalar un sistema de andamios para verificar el defecto a una mejor distancia. Con fecha 21/06/17, se procede a verificar los trabajos de picado en las pequeñas oquedades observadas; las cuales resultaron oquedades de mayores dimensiones (cangrejeras). La ubicación de las cangrejeras se encuentra en las siguientes zonas:

1. Losa de cubierta: Zona 1 (Ejes B-D/7-8 y A-B/6-7) y zona 3 (Ejes B-D/9-11).
2. Losa de Vestíbulo: Zona 2 - foso del ascensor entre los ejes 2 y 3.

Acciones Correctivas: Se procederá en coordinación con la supervisión a realizar la reparación del muro pantalla N°16 en la zona donde se identificó la falta de recubrimiento de acuerdo al instructivo aprobado "IT 3010: Reparación de concreto en estructura", una vez concluidos los trabajos se presentará los protocolos aprobados con el registro de las reparaciones y un panel fotográfico con las reparaciones realizadas.

Acciones Preventivas: Se realizará una reinducción al personal en obra, donde se indicará la importancia de un correcto proceso de vaciado y vibrado de concreto en estructuras, a fin de minimizar la aparición de problemas en oquedades y cangrejeras en las estructuras.

Reporte de No Conformidad N°47

Título: Deficiencias en el vaciado de concreto en los machones 1 y 2 en el anillo 2 del Pozo de Ventilación PV21.

Descripción: Durante la ejecución de los trabajos de excavación para las obras civiles de la fase II del Pozo de ventilación PV 21, se han detectado cavidades en los machones 1 y 2, quedando expuestas sus armaduras de refuerzo y conectores, esto debido a deficiencias en la colocación del concreto respectivo; incumpliendo lo estipulado en las Especificaciones Técnicas Detalladas del

estudio aprobado EDI-1A-02 Pozo PV21 - proyecto de Obra Civil: Estructuras, donde en la sección H del numeral 1.4.7 se establece que : " El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos....".

Acciones Correctivas: Indicamos que adjuntamos el Instructivo de trabajo de nuestro Subcontratista CMCS, titulado IT-004 "Trabajos para vaciado de machones en zona de unión Muro-Pozo" con fecha 12.06.2017, describiendo los trabajos que se realizarán en esta zona, y el vertido de concreto que se realizará juntamente con el vertido del machón del muro de la cámara.

Acciones Preventivas: Para los próximos Pozos de Ventilación se empleará un concreto con mayor fluidez, así como se reforzará la instrucción de vibrado en las zonas de difícil acceso o de alta densidad de acero de refuerzo.

Reporte de No Conformidad N°49

Título: Perforaciones diamantinas a los muros longitudinales de concreto y pedestales en el interior del Pozo PV23.

Descripción: En los muros longitudinales de concreto y pedestales destinados a recibir los pódicos prefabricados ubicados en el interior del Pozo de Ventilación PV23, el Concesionario viene realizando trabajos de perforaciones diamantinas no previstas a ser ejecutadas en el EDI 1A-04, y sin la conformidad de la Supervisión. Estas perforaciones podrían ocasionar daños a los aceros de refuerzo de estas estructuras.

Acciones Correctivas: Se realizará una ampliación de aquellos ductos cuya posición sea incompatible con la posición de las armaduras inferiores de los pódicos prefabricados siguiendo la siguiente metodología:

1. Se perforarán, desde su cara superior, los pedestales y muretes de concreto empleando equipos de perforación con diamantina o similar que garanticen la correcta alineación y verticalidad de las perforaciones. La profundidad de la perforación será de 60 cm.

2. En aquellas ampliaciones realizadas hacia el exterior de la sección de muretes y pedestales, en dirección al eje del pilar del futuro pórtico, las perforaciones podrían afectar las armaduras de refuerzo instaladas en el entorno de las vainas de anclaje. En estos casos, con el objetivo de reponer las posibles armaduras afectadas.

Acciones Preventivas: Se indica que para la ejecución de los futuros pedestales y muretes que incorporen vainas para el anclaje de elementos prefabricados se reforzará el proceso de posicionamiento e inmovilización de las vainas metálicas de su interior durante el vertido y vibrado de concreto mediante el uso de plantilla de fijación y arriostramiento de mayor eficacia y aumentando y optimizando los puntos de sujeción y unión de las vainas a las varas auxiliares fijadas a la armadura durante la estructura.

Reporte de No Conformidad N°52

Título: Pila 10 D: Contaminación de concreto nivel losa de fondo.

Descripción: Durante el proceso para la colocación del strain gauge, fecha 21/08/017, a nivel de la losa de fondo de la pila 10D (aprox 17,5 m de cota inferior de losa de cubierta), se ha detectado concreto contaminado a dicho nivel. Cabe señalar que en el elemento observado se han presentado anomalías desde el momento del descabezado, donde se presentó concreto contaminado los 6 primeros metros de profundidad y luego del proceso de reparaciones efectuado al elemento, aún hay presencia de concreto contaminado en el nivel descrito.

En vista de los hechos ocurridos y la presencia de concreto contaminado los últimos metros de longitud del pilote, se solicita que presenten las acciones correctivas y preventivas que garanticen la calidad prevista del elemento.

Acciones Correctivas: Se preparará un procedimiento adecuado de tal manera que se retire el concreto contaminado, además de iniciar posterior a ello la reparación de la estructura con los materiales adecuados.

Acciones Preventivas:

Se verificara de manera más exhaustiva cada detalle del procedimiento constructivo aprobado y re instruir al personal en cuanto al desarrollo de cada actividad.

Reporte de No Conformidad N°57

Título: Muro Pantalla 33: Tubo Junta no Extraído.

Descripción: Al comenzar el procedimiento de extracción del tubo junta del muro pantalla 33, contiguo al módulo 34, el cuerpo inferior del tubo junta quedo atrapado y hasta la fecha no se ha retirado.

En vista de los hechos ocurridos se solicita presentar las acciones correctivas correspondientes.

Acciones Correctivas: se procederá a elaborar una nota técnica describiendo el proceso de ejecución del muro pantalla N°34, realizando un vaciado de concreto en una primera etapa, después ejecutar la excavación del terreno natural adyacente a la cara intradós de las pantallas N°33 y N°34, realizar la extracción del tubo junta y finalmente realizar el vaciado de concreto en una segunda etapa para completar el muro pantalla N°34.

Acciones Preventivas: Se verificará de manera exhaustiva la unión entre los cuerpos de los tubo junta, con el fin de identificar posibles falencias previo a la colocación en la excavación, sea por posible mala unión o fatiga del elemento, así mismo se intensificara el cuidado en campo del fraguado de concreto del muro pantalla vaciado, para evitar posible adherencia del tubo junta con el concreto y por tanto evitar esfuerzos superiores a los necesarios requeridos para la extracción.

Reporte de No Conformidad N°64

Título: Muro Pantalla N°29: Ruptura de cables de Grúa y cuchara Bivalva atrapada.

Descripción: Al realizar la excavación del primer batache de la pantalla N°29 (08/01/18) ocurrió la ruptura del cable que sostiene la cuchara bivalva, la cual quedó atrapada en el batache aproximadamente 21m de profundidad. El 22 de enero se colocó el asiento N°1027 en el cuaderno de obra informando lo ocurrido.

Luego de múltiples intentos fallidos por rescatar la cuchara, se realizó el relleno del batache con grava hasta la cota superior de la cuchara y luego vaciado con mortero (26/01/18). En vista de los hechos ocurridos se solicita presentar las acciones correctivas y preventivas correspondientes.

Acciones Correctivas: Se procedió a elaborar una nota técnica describiendo el proceso de ejecución del muro pantalla N°29 donde se extraerá la cuchara, se coloca el acero de refuerzo, el encofrado y se realiza el vaciado del muro y finalmente una tercera etapa hasta el fondo de pantalla también con acero de refuerzo, encofrado y vaciado de concreto por debajo del nivel de la pantalla atrapada, complementando así el muro pantalla N°29.

Acciones Preventivas: Se procedió a realizar el cambio de los cables de las pantalladoras de GEOCISA y diariamente como es habitual, realizar una inspección exhaustiva de los cables, accesorios y su correcta instalación en la maquinaria mediante el check list de equipos.

Reporte de No Conformidad N°71

Título: Descenso del nivel de concreto después del vaciado de los Pilotes 11D, 11B, 10B, 10D y 9D.

Descripción: El día 11 de abril del 2018, se realizó el vaciado del Pilote 10D dejándose el nivel de concreto casi al ras de la camisa, sin embargo a las dos horas luego del vaciado el nivel había bajado 0.35m y a la primera hora del día

12 abril se encontraba a 0.62m por debajo del nivel de la camisa metálica. Esta disminución ha ocurrido en los pilotes 11B y 11D, siendo el más crítico en el pilote 11D donde el concreto se encuentra a 1,39m por debajo del nivel de la camisa metálica. En el caso del pilote 11B, se encuentra a 0,67m del nivel de la camisa metálica. El día 12 de abril se realizó el vaciado del pilote 10B, el cual disminuyó 1,18m con respecto al ras de la camisa metálica, al día siguiente se vació el pilote 9D, el cual tuvo un descenso en su nivel de 1,65m donde se observó una superficie de agua perteneciente al concreto exudado, posteriormente se verificó la profundidad de descenso real que fue mayor a 8m, por ello se realizó un segundo vaciado hasta el ras de la camisa metálica. Esto se trata de un asentamiento anómalo que no ha sucedido en otras estaciones, por ende se solicita indicar y analizar las causas. La Supervisión considera que este evento constituye evidencia suficiente para evaluar concienzudamente la integridad de los pilotes. Se deberá sustentar adecuadamente la integridad de los pilotes antes de continuar con la secuencia constructiva (Vaciado de pilotes).

Acciones Correctivas: Como acciones correctivas a considerar en los siguientes vaciados y teniendo en cuenta las posibles causas descritas anteriormente, indicamos:

A.1. Tomar acción sobre la preparación del lodo bentonítico, cumpliendo los parámetros de control establecidos como se viene realizando, pero en el caso de las pilas pilote con mayores profundidades como los de la estación N°20 (50 m en promedio y material con gran cantidad de botonería), se debe realizar la fabricación de los lodos con un parámetro de cake mayor al promedio utilizado (1.2 mm), con el fin de tener una mejor contención del material adyacente y evitar pérdidas por posibles filtraciones de agua y/o lechada que conforman parte del concreto.

A.2. Se reforzará el freno de malla metálica soldada a la camisa para evitar el ascenso en exceso del concreto sobre el nivel de losa de fondo. De igual forma se tomará dicha acción cuando las pilas pilote estén fundadas a profundidades como las que se tienen en la estación N°20.

A.3. El concreto era solicitado al proveedor con una consistencia fluida fijada en el límite superior de aceptación del mismo ($8" \pm 1.5"$). Por lo expuesto líneas arriba en el punto 1, para vaciados profundos ($\geq 50m$) se hace necesario

incrementar la consistencia del concreto, reduciendo el slump solicitado dentro de los límites de aceptación, fijándolo ahora en torno a 9", lo cual hará que obtengamos una mayor cohesión y viscosidad en la mezcla de concreto de tal forma que se contrarreste el efecto de la fuga de agua libre en el concreto producto de las presiones gravitatorias que genera la masa de concreto fresco al fondo de la excavación.

A.4. La descarga de concreto se hará a una velocidad constante y suficiente para evitar los mencionados ciclos de colmatación y vacío en la tola y cuerpo de la tubería tremie. El tiempo de descarga promedio por cada camión mixer en las pilas pilote en estudio fue de 3.5 minutos. En los vaciados sucesivos, se buscará elevar en medio minuto dicho promedio.

A.5. La combinación de las acciones descritas en los puntos A.1. Y A.3. mencionados líneas arriba, contribuirán en la mitigación de una eventual absorción de los estratos arcillosos que se presenten en la excavación y luego entren en contacto con el concreto fresco.

Acciones Preventivas: Para una verificación de la integridad de los pilotes mencionados, adicionalmente a los ensayos Cross Hole y PIT realizados a todos los pilotes, en coordinación con la supervisión CSIL2 se ejecutaron los ensayos Cross Hole Tomografía 3D en las pilas pilote 9D, 10B, 11B Y 11D. Los informes obtenidos tanto en los ensayos Cross Hole, ensayos PIT y ensayos Cross Hole Tomografía 3D realizados en las pilas pilote mencionadas, muestran resultados favorables respecto a la continuidad del concreto colocado en dichas estructuras, tal como se indica en las conclusiones de dichos informes.

Pila Pilote	Fecha de vaciado	Descenso de concreto (m)
P-9D	13-04-18	-1.65 (*)
P-10B	12-04-18	-1.18
P-10D	11-04-18	-0.62
P-11B	10-04-18	-0.67
P-11D	07-04-18	-0.79

Fig.N°4.9 Toma de datos luego de presentarse el descenso de concreto en las pilas pilote observadas

Reporte de No Conformidad N°83

Título: Deficiencias en la Calidad de concreto según los resultados de las muestras diamantinas en la pila-pilote 9D.

Descripción: Se ha realizado tres (03) perforaciones diamantinas de testigo en la sección interna al esfuerzo del pilote 9D. A partir de los testigos extraídos se tallaron muestras en diversidad profundidades y en donde fue posible. Los resultados de los ensayos a compresión uniaxial obtenidos muestran una variabilidad tal que algunos superan la resistencia de diseño y algunos se encuentran por debajo de lo requerido en la norma E.060 ($f'c$ individual mín.= $75\%f'c$ Diseño. Se solicita un análisis para identificar las causas de la variabilidad, evaluación estructural y propuesta de solución.

Acciones Correctivas: Se ha preparado un Instructivo donde se explique todo el mejoramiento que se hará, iniciando con el retiro del concreto hasta encontrar el acero y luego reemplazar todo el concreto con un mortero de alta resistencia.

Acciones Preventivas:

Se re instruirá al personal para que tenga más cuidado durante el proceso de vaciado, además de un más confiable control de densidades del lodo bentonítico.

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE MUESTRAS DIAMANTINAS - TERCERA PERFORACIÓN							
Item	Fecha de Ensayo	Identificación	f'c Diseño (Kg/cm2)	Nº Perforación	Muestra	Profundidad	Resistencia Lab. (Kg/cm2)
1	06/08/2018	Estación 20 Pila Pilote 9D	400	3	A1	1,48 a 1,64m	235,9
2	06/08/2018				A2	1,89 a 2,04m	286,5
3	06/08/2018				A3	2,04 a 2,20m	294,2
4	06/08/2018				A4	2,65 a 2,81m	256,8
5	03/08/2018				M1	3,22 a 3,38m	379,0
6	03/08/2018				M2	3,38 a 3,53m	371,0
7	03/08/2018				M3	3,53 a 3,69m	264,0
8	03/08/2018				M4	3,80 a 3,96m	168,0
9	06/08/2018				B1	4,45 a 4,61m	304,4
10	06/08/2018				B2	5,19 a 5,35m	225,2
11	06/08/2018				B3	6,12 a 6,28m	359,3
12	03/08/2018				M5	7,23 a 7,39m	378,0
13	03/08/2018				M6	7,39 a 7,55m	390,0
14	06/08/2018				C1	7,61 a 7,76m	342,1
15	03/08/2018				M7	7,70 a 7,86m	373,0
16	03/08/2018				M8	8,23 a 8,39m	379,0
17	06/08/2018				C2	9,01 a 9,17m	233,4
18	06/08/2018				C3	9,15 a 9,31m	239,4
19	06/08/2018				D1	12,76 a 12,92m	545,7
20	06/08/2018				D2	13,09 a 13,24m	505,0
21	06/08/2018				D3	13,99 a 14,14m	274,1
22	06/08/2018				E1	15,59 a 15,75m	315,7
23	06/08/2018				E2	16,48 a 16,64m	247,0
24	06/08/2018				E3	16,81 a 16,95m	320,1

Fig.N°4.10 Toma de datos luego de ensayos de compresión a los testigos de concreto

Reporte de No Conformidad N°86

Título: Instalación de diferentes cajas metálicas, soportes de cajas, fijación de soportes, entre otros sin tener en cuenta la calidad de ejecución de las instalaciones. Incumplimiento del CNE-Utilización.

Descripción: El Concesionario ha instalado en el nivel 2 de la zona de mantenimiento del Edificio Administrativo, diferentes cajas metálicas, soporte de cajas, fijación de soportes, entre otros no observando criterios de calidad de ejecución de las instalaciones como se especifica en diferentes documentos del Proyecto, entre otros el CNE-Utilización: "020-108-Calidad de ejecución de las Instalaciones: La ejecución de cualquier trabajo de instalación eléctrica debe ser realizada por personal calificado y autorizado, utilizando productos certificados y aplicando las reglas de Código, de tal manera que la calidad sea aceptable. En la instalación se evidencian instalaciones defectuosas: como mala fijación, instalaciones descentradas, variedad de tornillos en una misma base de fijación, soportes agujereados, soportes mal doblados, soportes discontinuos y unidos con tornillos.

Acciones Correctivas:

Se reemplazará todo el material observado, obteniendo antes de ello la conformidad del Supervisor.

Acciones Preventivas: para los siguientes trabajos se propone tener una mayor comunicación entre las partes CSIL2 y CCM2L.

Reporte de No Conformidad N°91

Título: Ejecución de obra no conforme al EDI 1A-20 Aprobado.

Descripción: El día 06/07/18 el Concesionario realizó el vaciado de concreto en la canalización TE14, canalización que corresponde con el EDI 1A-20 Aprobado. De acuerdo al EDI 1A-20 como parte de esa canalización se contemplaba un buzón en el ambiente Archivo del Edificio de Oficinas 1er nivel, con la finalidad que durante el cableado, los cables realicen el giro de 90° en el interior del buzón, sin embargo este buzón no fue ejecutado por parte de CML2. Con la obra ya ejecutada, el 20/07/18 el Concesionario envió por e-mail la solicitud de

Cambio IECAN-0006 posterior al vaciado acerca de la cual CSIL2 solicito aclaraciones entre otras acerca del giro de 90°. El concesionario a la fecha ha presentado la solicitud de cambio, pero está aún tiene observaciones.

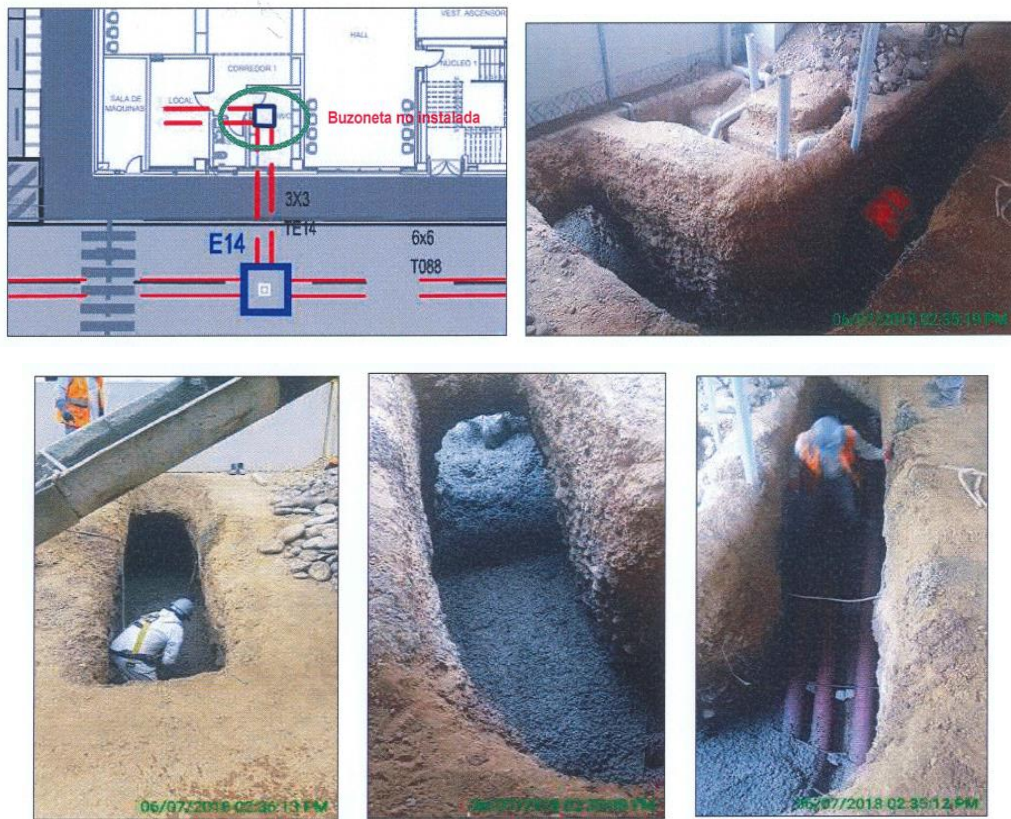


Fig.N°4.11 Observaciones que sustentan el reporte de no conformidad

Reporte de No Conformidad N°93

Título: Daños a cables de cobre en la losa de fondo de la Estación Hermilio Valdizán E-23.

Descripción: Durante la inspección en la Estación 23, se observó que los cables de cobre de la malla de tierra profunda, que atraviesan la losa de fondo para su futuro empalme, fueron dañados.

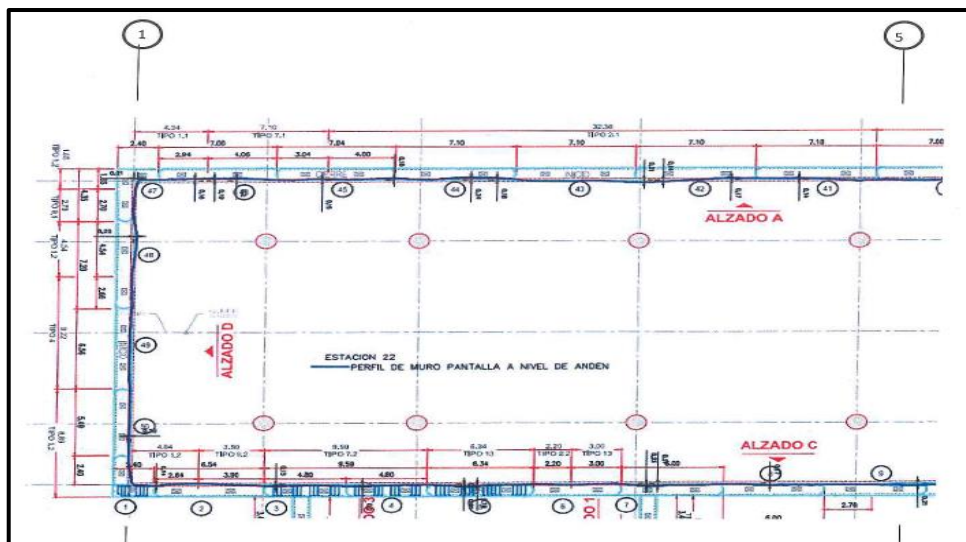


Fig.N°4.12 Observaciones que sustentan el reporte de no conformidad

Reporte de No Conformidad N°107

Título: Muros pantalla entre ejes 1 al 5: Desfase respecto al alineamiento vertical a nivel de andén.

Descripción: Del levantamiento topográfico realizado a los muros pantalla entre los ejes 1 y 5 a nivel de andén se observó que los siguientes muros pantalla presentan un desfase respecto al alineamiento vertical mayor a la tolerancia máxima permitida, en este caso 12 cm. Desfase mayor a 12 cm hacia trasdós: N° 41, 42, 44, 45, 46, 50, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9. Desfase mayor a 12 cm hacia Intradós: N°42, 47, 48. Ante lo expuesto se solicita detallar las causas, acciones correctivas y preventivas correspondientes.



DESFASE HACIA TRASDOS		
N° pantalla	Desfase (cm)	Tolerancia (cm)
N° 41	14	± 12
N° 42	17	± 12
N°44	24	± 12
N°45	15	± 12
N°46	20	± 12
N°50	13	± 12
N°01	14	± 12
N°03	15	± 12
N°04	20	± 12
N°05	21	± 12
N°07	23	± 12
N°08	17	± 12
N°09	21	± 12

DESFASE HACIA INTRADOS		
N° pantalla	Desfase (cm)	Tolerancia (cm)
N° 42	21	± 12
N° 47	21	± 12
N° 48	22	± 12

Fig.N°4.13 Toma de datos topográficos que sustentan la No conformidad

Reporte de No Conformidad N°111

Título: Deficiencia en la adherencia entre el contrapiso y losa de piso.

Descripción: Durante la inspección en campo en los diferentes ambientes en el segundo y tercer nivel del edificio de oficinas, la supervisión evidenció que el concreto perteneciente al contrapiso no está adherida a la losa de piso, presentándose cajoneos en distintas áreas de todos los ambientes. Se solicita al concesionario tomar las acciones correctivas y preventivas del caso para que estos hechos no vuelvan a ocurrir.

Acciones Correctivas: Se desarrolla la reposición de contrapisos considerando:

- Corte y delimitación de la zona
- Picado y retiro del material
- Escarificado
- Limpieza del área
- Aplicación del puente adherente
- Vaciado de mortero
- Curado

Acciones Preventivas: Se ha considerado incluir uso de puente adherente para ejecución de contrapiso, a pesar de no estar indicado en el EDI aprobado.

Reporte de No Conformidad N°112

Título: Acero expuesto y contaminación de bentonita en trasdós de muros pantalla.

Descripción: Durante la inspección realizada el día 15/11/18, en la Estación 20: "Evitamiento" a nivel de cubierta se ha observado acero expuesto y contaminación de bentonita en el trasdós de los muros pantalla N° 20 y 21. La

verificación efectuada hasta la fecha comprende la zona entre el nivel de losa de cubierta y losa de vestíbulo.

Acciones Correctivas: se ha procedido en coordinación con la supervisión a realizar la reparación de la falta de recubrimiento de los muros pantalla N°20 y N° 21 de acuerdo al instructivo aprobado "IT 3031: Reparación de estructura y cara intradós de pantalla de concreto en estaciones", concluyendo con los trabajos de reparación del muro pantalla satisfactoriamente.

Acciones Preventivas: para los siguientes trabajos, se realizará un control exhaustivo del posicionamiento de las jaulas de acero al ser colocadas en la excavación de los muros pantalla previa al vaciado, adicionalmente se colocará una mayor cantidad de separadores de concreto en las jaulas de acero, en vista que al colocar la jaula dentro de la excavación, cierta cantidad de separadores pueden ser arrancados por el rozamiento con el terreno natural.

Además durante la parte final del vaciado de los muro pantalla, se coloca mayor cantidad de concreto dentro del mismo, con la finalidad de expulsar todo el concreto contaminado que por proceso asciende a la parte superior, esta práctica se viene realizando en obra de forma continua dando resultados favorables en el producto final, consideramos que la falta de recubrimiento encontrado en la parte superior de los muro pantalla N°20 y N°21 en el sector trasdós en un hecho aislado de todo el proceso constructivo llevado hasta la fecha.

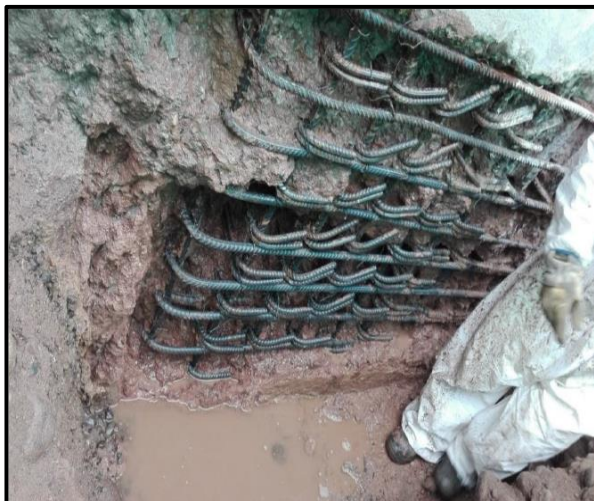




Fig.N°4.14 Vaciado de grouting como medida correctiva

Reporte de No Conformidad N°115

Título: Presencia de fisuras en losa de piso y muros del foso Edificio Material Rodante.

Descripción: Durante la inspección de campo de los ambientes del Edificio Material Rodante del Patio Taller Santa Anita, la supervisión evidenció la presencia de fisuras de diferentes espesores en distintas zonas de la losa de piso del edificio. Asimismo se pudo evidenciar la presencia de fisuras en distintas zonas de los muros de foso del edificio en mención. Debido a este tipo de desviaciones se están produciendo de manera reiterada, se solicita al concesionario realizar el mapeo respectivo de dichas fisuras así como el seguimiento, diagnóstico y finalmente su respectiva reparación, todos estos trabajos deberán ser evidenciados con la documentación respectiva.

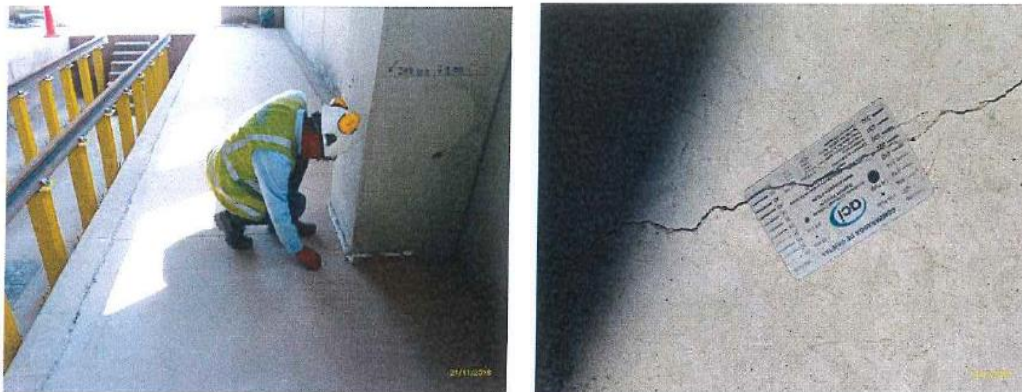


Fig.N°4.15 Control de fisuras presentadas en las losas

Reporte de No Conformidad N°126

Título: Anclajes mal instalados en losa de vestíbulo

Descripción: El día 21 de enero, durante los ensayos de anclajes realizados entre los Ejes 6-11 y Eje E, de los 290 anclajes colocados los días jueves 17 y viernes 18, se encontraron anclajes con el aditivo fresco y que no pasaban la prueba de tracción. Los anclajes observados fueron instalados el día 17 y son alrededor de 50 anclajes de varillas de 5/8", pertenecientes a la cámara bufa y apoyo de revestimiento en la Losa de vestíbulo.

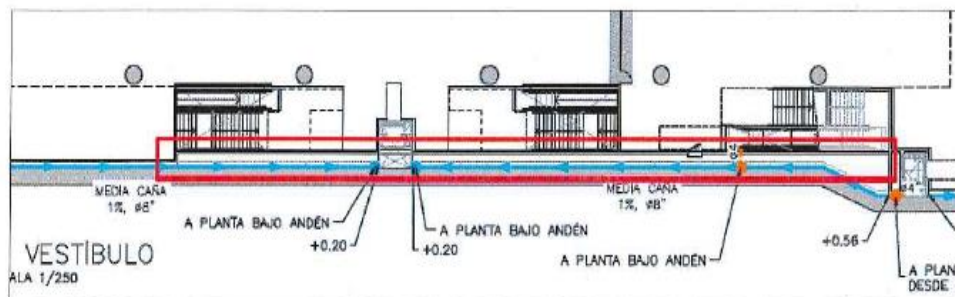


Fig.N°4.16 Control de anclajes en aceros de refuerzo

Nota:

Este listado de reportes No Conformes representa una muestra, a la fecha se tiene en promedio un número de reportes mayor al presentado en la tesis.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DEL PLAN DE CALIDAD PROPUESTO

En el presente capítulo se desarrolla una revisión al plan de calidad propuesto basándonos en algunos aspectos relevantes acerca del control y el aseguramiento de la calidad, siendo este de utilidad respecto a obras de gran magnitud. En la industria de la construcción existe una gran diversidad de obras, por lo que para una obra de gran magnitud resulta imperante realizar propuestas de control y aseguramiento de la calidad específicos para los procesos más complejos o difíciles ya que las condiciones para una u otra obra subterránea cambian en demasía aunque los proyectos sean muy similares, entre estos factores podemos encontrar el clima, la calidad de los materiales para una u otra ciudad si fuera el caso, las condiciones en que trabaje el recurso humano, las condiciones de trabajo que ofrezca el contratante, etc., por lo que esta propuesta es factible de utilizar por cualquier empresa para cualquier obra subterránea de tunelería pero sólo como guía base para sus procesos, lo que evidencia lo limitado que puede resultar la propuesta en algunos casos. Esto porque una empresa constructora puede proponer procedimientos muy diferentes a los planteados por otra empresa para sus partidas.

Ningún sistema de gestión es capaz de asegurarnos la calidad en una obra de tunelería ya que las propuestas de aseguramiento de la calidad sólo nos dan las metas a alcanzar o los procedimientos por escrito para alcanzar dichas metas. La calidad la hacen los que realizan los procedimientos, la calidad la hace el recurso humano con su manera de trabajar, con responsabilidad, conciencia y seriedad se pueden alcanzar estos objetivos, pero para ello es necesario que el recurso humano tenga un nivel cultural y educacional acorde a las labores que realiza, por lo que el principal camino para lograr mejores resultados es la capacitación de los trabajadores.

Dentro del plan de calidad propuesto también se han incluido la utilización de métricas de calidad las cuales evalúan los “atributos”, los cuales son característica física o abstracta mensurable de una entidad, pueden ser internas o externas. Las métricas de eficiencia permiten evaluar si las tareas realizadas por los usuarios alcanzan las metas específicas con exactitud y completitud en un contexto de uso especificado, las métricas de eficiencia permiten evaluar los recursos que consumen los usuarios en relación a la Eficacia (Efectividad)

alcanzada en un contexto especificado en uso. Por lo tanto para la presente tesis se han elegido los siguientes indicadores de calidad:

- conformidad con las fechas contractuales de entrega
- resultados de la aceptación del cliente
- el número de registros del cliente

5.1 ANALISIS DE LA MATRIZ DE NO CONFORMIDADES

Durante la etapa de planificación del proyecto se establece un método de trabajo para identificar, analizar, dar tratamiento y corregir los servicios no conformes de acuerdo con los requisitos del SIG del proyecto.

En base a la norma internacional ISO 9001: 2015 que promueve la oportuna detección y disposición de las No Conformidades, con la finalidad de identificar, segregar y tomar una disposición de productos no conformes y de este modo evitar su uso no intencionado.

Es durante la etapa de ejecución del proyecto donde se inicia el proceso de mejora continua al revisar el proyecto y los entregables del mismo, verificando el cumplimiento y no cumplimiento de los requisitos, cuando se detecta el incumplimiento es aplicable el reporte de No Conformidad los cuales se enlistan en la matriz de No Conformidades, la cual se presenta en el anexo 3.

A continuación, se mostrará un cuadro donde se puede visualizar por frente de obra la emisión de reportes de No Conformidad.

AREA	CANTIDAD
PTSA (Obras Civiles)	9
PTSA (E&M)	40
PTSA (Vía Ferrea)	3
Estaciones(Obras Civiles)	36
Estaciones(E&M)	2
Túnel de Línea (Obras Civiles)	20
Túnel de Línea (E&M)	0
Túnel de Línea (vía férrea)	3
Pozos de Ventilación	26
Inserción Urbana (PV)	3
Auscultación	10
Línea de Transmisión	3
Medio Ambiente	6
Seguridad	4
TOTAL	165

Cuadro N°5.1: Listado de RNC para los frentes de Obra
 Fuente propia

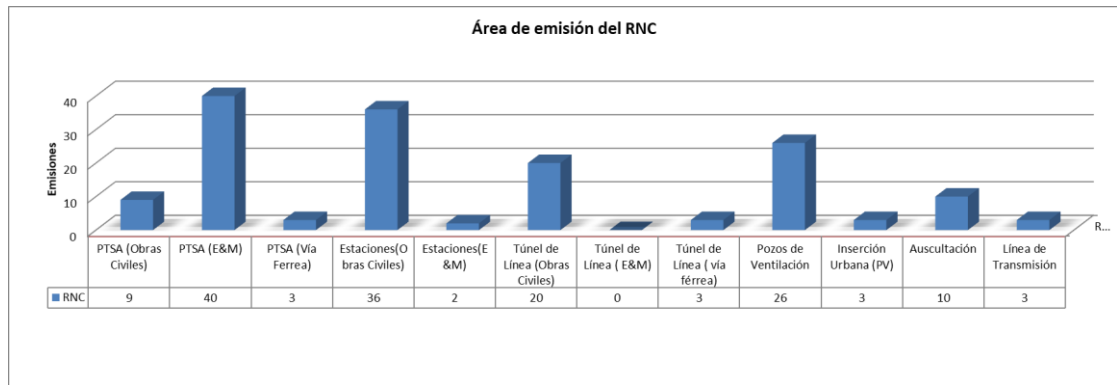


Figura N°5.1: Estadístico de RNC para los frentes de Obra
 Fuente propia

Las no conformidades generan una respuesta adecuada por parte de la organización, conforman un proceso de aprendizaje de gran riqueza y utilidad, que puede favorecer la realización de importantes mejoras.

Otro análisis importante sería el mostrado en la siguiente lista y analizada a través del cuadro 5.2, del cual se puede describir que la causa más recurrente para la emisión de RNC's son las fallas o incumplimientos en los procedimientos y productos, seguido de la falla en el cumplimiento de requisitos del producto, lo que conlleva a analizar este diagnóstico y así evaluar la mejora del plan de calidad.

CAUSA	Nº DE VECES
PRODUCTO	53
PROCEDIMIENTO	13
PRODUCTO Y PROCEDIMIENTO	89
AMBIENTAL / SEGURIDAD	10
TOTAL	165

Cuadro N°5.2: Análisis de Causa por No Conformidad
 Fuente propia

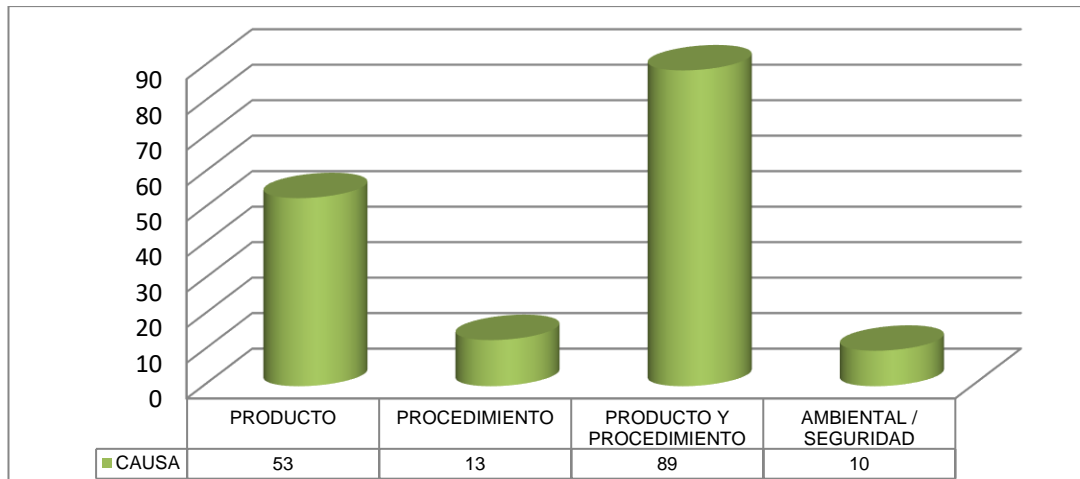


Figura N°5.2: Estadístico de RNC por causa emitida
Fuente propia

Del proyecto en análisis podemos decir que la emisión más incidente de no conformidades se da en el desarrollo de las obras civiles y electromecánicas correspondientes al Patio Taller y a las Estaciones de pasajeros, por lo tanto se analizara cuáles son los procedimientos que causan estos incumplimientos identificando la causa raíz de los mismos y así poder aplicar la mejora al proceso.

Procedimientos de Control	N° de No Conformidad por Frente			
	Tunel	PTSA	Estaciones	Pozos de Ventilación
Concreto	12	8	22	15
Topografía	6	2	3	7
Acero	0	2	10	4
Impermeabilización	0	0	0	2
Seguridad	0	0	0	1
Auscultación	6	2	3	0
Tuberías E&M	0	5	1	0
Vía en Balasto	0	2	0	0

Cuadro N°5.3: Análisis de Incidencia por No Conformidad
Fuente propia

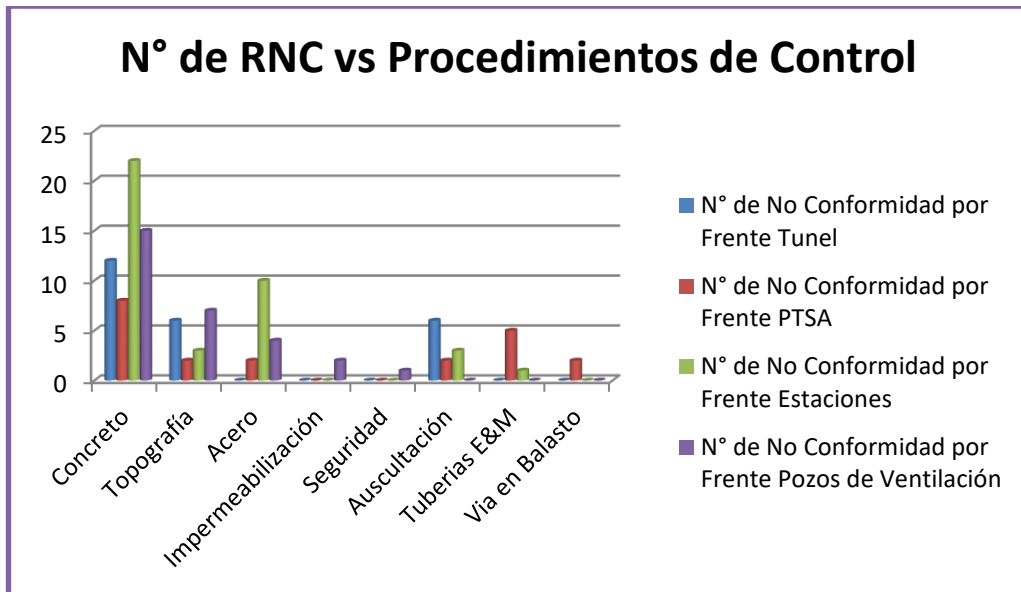


Figura N°5.3: Estadístico de RNC vs Procedimientos de Control
Fuente propia

En relación a las mejoras propuestas se presentarán algunas fichas de control para minimizar el impacto de las No Conformidades mostradas en el capítulo anterior, y la actualización de procedimientos todo ello con la finalidad de cumplir con lo dicho en la ISO 9001: 2015 en relación al ciclo PDCA.

Además de ello se implementará una mejora o un Instructivo más detallado en relación al procedimiento para el vaciado de concreto, siendo este último el de mayor incidencia para la ocurrencia de RNC's.

5.2 ANALISIS DEL TIEMPO Y COSTO POR RNC EMITIDA

Se presenta el cuadro 5.4 de análisis tanto del tiempo como del costo estimado por RNC emitida, donde se muestra el impacto frente al tiempo programado o planificado en el frente de obra correspondiente, esto nos da la idea de cuánto es el costo de la no calidad cuando no se toma en cuenta estos costos ellos se incrementan de manera descontrolada pudiendo causar índices bajos en el control de costos y mucho más en los posibles retrasos del proyecto, en particular del cuadro presentado podemos decir que en relación al total del tiempo programado el impacto no es tan fuerte, pero si se analiza más a detalle es decir por sub partida este impacto podría ser más perjudicial.

Frentes de Trabajo	Costo programado(\$)	Tiempo Programado (días)	N° de RNC	Costo para levantar la RNC	Tiempo adicional para levantar la RNC (Días)	% de impacto en costo
Patio Taller Santa Anita	\$24,614,649.29	497	55	\$814,639.24	35	3%
Tunel NATM Etapa 1A	\$21,988,925.91	444	28	\$1,756,735.88	12	8%
Estaciones de Pasajeros	\$38,885,994.10	360	43	\$649,551.24	16	2%
Pozos de Ventilación	\$2,660,224.22	241	29	\$49,145.40	5	2%

Cuadro N°5.4: Análisis del impacto Costo Vs Tiempo por No Conformidad
Fuente propia

Para analizar los costos relativos a la calidad se tomarán en cuenta solo los costos de la No Calidad, llamados también los costos de conformidad que están vinculados con productos que no corresponden a las especificaciones requeridas. Por ello se analizará un día de retraso en el total del proyecto.

La mejora de la calidad del proyecto ayuda a aumentar la sostenibilidad del mismo a lo largo del tiempo y mejorar la rentabilidad de este.

La gestión del Tiempo o su ausencia ejerce un impacto directo en la calidad y los costos del proyecto, por lo tanto en el producto final. Por lo que debemos estar en la capacidad de gestionar las estrategias de mejora continua en la Gestión del Tiempo para conseguir un nivel alto de Calidad del Proyecto.

5.3 MEJORAS AL PROCESO DE GESTIÓN DE CALIDAD

Se plantea como propuesta de mejora la aplicación de estos estándares con el propósito de brindar a los diferentes procesos y los flujos de interacción entre estos, buscando siempre la satisfacción del cliente, la prevención sobre la inspección, la responsabilidad de la dirección y la mejora continua.

Entre las mejoras se describen las siguientes:

a) Implementar las Lecciones aprendidas

Las Lecciones aprendidas resumen las acciones y estrategias a adoptar en el futuro para evitar que se presente nuevamente la amenaza o para aprovechar la oportunidad (si es una lección de impacto positivo). Se construye a partir de las experiencias de las acciones tomadas para corregir la situación. Se propone una matriz como propuesta de mejora, para tener un registro histórico del proyecto.

b) Propuesta de mejora en la etapa de planificación del proyecto

Un aporte importante de la guía del PMBOK está dado a partir del enfoque de uso de herramientas en cada uno de los procesos, siendo importante en el proceso de planificación y también en el proceso de control donde especifica herramientas que generan utilidad.

c) Variables de la Gestión de Calidad

Se debe analizar y tomar en cuenta las variables incidentes del proyecto, estas que generan la ausencia de calidad y los riesgos más frecuentes. Las cuales se describen como un ciclo de mejora continua para evitar cometer errores que se pueden identificar antes que ocurran.

CONCLUSIONES

1. La elaboración de No Conformidades en obra nos ayuda a poder identificar oportunidades de mejora en el desarrollo de la Obra. En este proyecto, cada No Conformidad detectada ayudó a que no se vuelva a cometer los mismos errores una segunda vez. De esta manera estamos enfocados en la búsqueda de la Mejora Continua.
2. Se concluye que el Plan de Calidad adoptado, ayuda a que el proyecto se desarrolle de una manera ágil, ordenada y eficiente, teniendo como consecuencia la reducción de costos por retrasos en los procesos constructivos, y agilidad en la toma de decisiones.
3. La calidad y la No calidad tienen sus costos, y para que el ciclo de mejora continua sea perfecto, se concluye que haría falta realizar un análisis a los costos de No calidad y cuantificarlos al final del proyecto, para tener una base de datos de costos de no calidad por cada sector del proyecto, de esta manera lograremos saber y comparar los costos de invertir en prevención antes de cometer tantos errores que pueden costar altísimas sumas de dinero.
4. El uso de las herramientas para el control de calidad en el desarrollo de la ingeniería del proyecto, nos ayuda mucho en la reducción de la cantidad de incompatibilidades técnicas entre las diferentes disciplinas, lo que se traduce en menor cantidad de no conformidades en la ejecución de la obra.
5. El Plan de calidad desarrollado cita varias normas nacionales e internacionales que debe ser usadas para el cumplimiento de los requisitos de calidad exigidas por el cliente, además de esto debe tenerse en cuenta las condiciones de trabajo, el lugar y el clima bajo el cual estará expuesta la obra y tomar buenas decisiones con criterio ingenieril.
6. Se concluye también que para este tipo de obras subterráneas nos tenemos que basar definitivamente en las normas europeas, ya que en el país lo referente a normas para estructuras subterráneas es escaso.
7. El uso del programa de puntos de inspección PPI nos ayuda a programar los trabajos de tal manera que todos los involucrados tengan el conocimiento de los trabajos a desarrollar cada día, esto en definitiva ayuda a disminuir la incertidumbre en la ejecución de las actividades de las obras.

8. También en el tema de Calidad, el uso de nuevas tecnologías permite reducir el costo y el tiempo de ejecución de pruebas de control de calidad en las obras, tal es el caso de las pruebas de carga a los pilotes con la celda de Osterberg, lo cual, el uso de este método puede reducir el costo de esta prueba en un 80% del costo del método tradicional.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable ponerse como un indicador de medición de calidad de nuestros procesos la cantidad de no conformidades detectadas en un mes, por ejemplo; que la cantidad de no conformidades en cada área del proyecto en un mes sea menor a 9, si pasa de eso, quiere decir que nuestros procesos en determinada área están fuera de control y se deben tomar acciones correctivas.
2. Todas las no conformidades detectadas en obra deben ser documentadas en nuestro historial del proyecto, de tal manera que pasen a ser documentos valiosos a considerarse como lecciones aprendidas en el proyecto y serán de mucha utilidad en los futuros proyectos de la organización.
3. Para obras subterráneas en el país se recomienda poner mucha atención a las normas internacionales, ya que en el medio local esta información y exigencias de calidad es muy escasa.
4. Es recomendable que el personal técnico y local que ingresa a trabajar en obras subterráneas, tenga una capacitación previa en el uso de las normas internacionales, para una correcta aplicación durante la ejecución y supervisión de las obras.
5. Es recomendable que el programa de puntos de inspección (PPI) considere tres categorías; puntos de espera, puntos de parada y puntos críticos. A su vez las inspecciones de obra se deben clasificar en; rutinarias (las cuales son realizadas diariamente de acuerdo a la programación) y las formales (las que se han programado en el PPI).
6. Para un correcto desarrollo del Plan de Gestión de Calidad dentro de este proyecto, es necesario que cada colaborador y líderes de área tengan un rol definido, muchas veces en los proyectos no existe una matriz de responsabilidades, lo cual hace que se generen muchas dudas al momento de tomar decisiones importantes en el proyecto.
7. Es recomendable la definición de las métricas para medir la calidad del proyecto y deben estar incluidas en el Plan de Calidad, de tal manera que permita controlar con éxito el proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo; “Expediente Técnico Final del Proyecto Ejecución de las Obras Civiles y Electromecánicas del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao – Línea 1: Tramo Avenida Grau – San Juan de Lurigancho”, Lima, Perú, 2012.
- Castillo Virgilio, Ghio; “Productividad en Obras de Construcción”, Ed. N° 04, Editorial PUCP, Lima 2001.
- Project Management Institute, “PMBOK”, Ed. N°05, USA, 2013.
- Rodriguez Castillejo, Walter, “Gerencia de construcción y del tiempo: Planeamiento estratégico táctico, operativo y de contingencia para ingenieros y arquitectos”, Macro, Lima, 2006.
- Torrejón Palomino, Alejandro Juan Iván; “Propuesta de Elaboración e Implementación de una Herramienta de Control de la Producción en Proyectos para Empresas Contratistas de Explotación Minera Subterránea”, Tesis para obtener el Grado de Magister, Lima Perú 2011.