

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO
DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO
DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. CRISTIAN MAQUERA COTRADO

TACNA-PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE
PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA
COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”**

**Tesis sustentada y aprobada el 21 de noviembre del 2023; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO : Mtro. EVER RUDY ANCCO HUANACUNI

VOCAL : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

ASESOR : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Bach., Cristian Maquera Cotrado, egresado, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(s) con DNI 76795972 así como Dina Marlene Cotrado Flores con DNI 00795268; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Soy el autor de la tesis de investigación titulado: *“Evaluación Estructural de almacén encapsulado de plomo existente, de la unidad logística Callao de la compañía Perubar, Callao, 2022”*, la cual presente para optar el Título Profesional de Ingeniero de civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

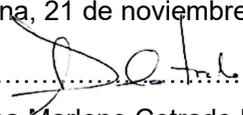
En virtud de lo expuesto, asumimos frente a La Universidad toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis* de investigación, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a La Universidad y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la *tesis* de investigación, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Lugar y fecha: Tacna, 21 de noviembre del 2023


.....
Cristian Maquera Cotrado
DNI: 76795972


.....
Dina Marlene Cotrado Flores
DNI: 00795268

DEDICATORIA

A Dios, por mi hermosa familia, por brindarme todo el apoyo para poder estar donde estoy ahora.

A mis padres Rogelio y Nelly, por ser los pilares de mi vida, por haberme apoyado en mi formación profesional, por brindarme su apoyo, por sus consejos, por confiar en la capacidad que poseo y brindarme los recursos necesarios para lograr mis metas.

A mi hermano mayor Dennis, porque siempre fue un consejero y un excelente hermano además de ser una gran persona.

A todos mis amigos que estuvieron en este proceso, Ing. Guido, Ing. Robert, Ing. Rafael por aconsejarme y apoyarme.

Cristian Maquera Cotrado

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarnos su amor infinito, por darnos salud, porque siempre tenemos salud y vida para poder salir adelante y sabiduría para poder culminar esta investigación.

A nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindan y por darnos la fortaleza de seguir creciendo profesionalmente

A mi asesor Mtro. Dina Cotrado Flores por la orientación, la ayuda y el apoyo que nos brindó durante la presente investigación.

A la empresa GREENFIELD SAC por brindarme la oportunidad de laborar y poder aprender el maravillo mundo de la ingeniería.

A la empresa HC PROJECT SAC por brindarme la oportunidad de liderar un proyecto y seguir aumentando mi experiencia como profesional en diseño Civil.

A la Universidad Privada de Tacna por haberme brindado la formación necesaria para poder ejercer mi carrera. Así mismo, un gran agradecimiento especial a los docentes que supieron brindarme los conocimientos necesarios para emprender en el mundo laboral.

Cristian Maquera Cotrado

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Descripción del Problema	3
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis de la investigación.....	5
1.5.1 Hipótesis General.....	5
1.5.2 Hipótesis Específicas	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.1.1 A Nivel Internacional	6
2.1.2 A nivel Nacional	6

2.2	Bases Teóricas.....	7
2.2.1	Sismicidad en el Perú	7
2.2.2	Sismicidad en la Región del Callao	9
2.2.3	Inspección visual de patologías.....	15
2.2.4	Fisuras en las estructuras	15
2.2.5	Envejecimiento de estructuras	15
2.2.6	Problemas de textura	16
2.2.7	Ensayos destructivos	16
2.2.7.1	Tipos de ensayos Destructivos.....	17
2.2.7.2	Extracción de Núcleos y Ensayo de Resistencia a la compresión	18
2.2.7.3	Carbonatación.....	19
2.2.8	Ensayos no destructivos	21
2.2.8.1	Pruebas no destructivas Volumétricas	22
2.2.8.2	Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (upv)	22
2.2.8.3	Escaneo de Columnas con Escáner.....	26
2.2.8.4	Ensayos END son una mejor opción.....	27
2.2.9	Principales propiedades Mecánicas del Concreto	28
2.2.10	Códigos, Estándares y Referencias	30
2.2.10.1	Normas Nacionales.....	30
2.2.10.2	Normas Internacionales	31
2.2.10.3	Sistema de Unidades	31
2.2.10.4	Condiciones Sísmicas.....	31
2.3	Definición de Términos	37
2.3.1	Sismos	37
2.3.2	Subducción	37
2.3.3	Patología.....	38
2.3.4	Fallo.....	38
2.3.5	Rigidez.....	38
2.3.6	Carga Sísmica	38
2.3.7	Taladro Extractor de Núcleos	38
2.3.8	Estructura.....	38
2.3.9	Columna	38
	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	39
3.1	Tipo y Nivel de la investigación.....	39

3.1.1	Tipo de la investigación.....	39
3.1.2	Nivel de la investigación.....	39
3.2	Población y/o muestra de estudio.....	39
3.3	Opciones de Variables.....	40
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	40
3.5	Ubicación.....	41
3.6	Descripción del daño encontrado en el encapsulado de Plomo.....	42
3.6.1	Descripción Visual de los daños.....	43
3.6.1.1	Columna C-03.....	43
3.6.1.2	Columna C-04.....	44
3.6.1.3	Columna C-05.....	45
3.6.1.4	Columna C-17.....	46
3.6.1.5	Columna C-20.....	47
3.6.1.6	Columna C-21.....	48
3.6.1.7	Columna C-27.....	49
3.6.1.8	Columna C-C.....	50
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	51
4.1	Resultados de Ensayos directos e indirectos.....	51
4.1.1	Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (upv).....	51
4.1.2	Comparación de la inspección Visual de daños con el Ensayo (upv).....	54
4.1.2.1	Columna – 03.....	54
4.1.2.2	Columna – 04.....	55
4.1.2.3	Columna – 17.....	56
4.1.2.4	Columna – 20.....	57
4.1.2.5	Columna – 21.....	59
4.1.2.6	Columna – Central.....	60
4.1.3	Extracción de Núcleos y Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	61
4.1.4	Análisis de Correlación entre Resultados de (upv) y Núcleos de Concreto.....	63
4.1.5	Escaneo de Columnas con Escanner 3D.....	64
4.1.5.1	Columna C-3.....	67
4.1.5.2	Columna C-4.....	67
4.1.5.3	Columna C-5.....	68
4.1.5.4	Columna C-17.....	69

4.1.5.5	Columna C-20.....	69
4.1.5.6	Columna C-21.....	70
4.1.6	Carbonatación.....	71
4.2	Descripción de la Estructura.....	75
4.2.1	Sistema Estructural.....	75
4.3	Materiales y sus propiedades.....	75
4.3.1	Concreto Estructural.....	75
4.3.2	Acero de Refuerzo.....	76
4.4	Modelo Matemático para la evaluación.....	76
4.4.1	Programas de Cómputo.....	76
4.4.2	Supuestos Básicos.....	76
4.5	Análisis y Combinación de cargas.....	77
4.6	Definición de Cargas sobre la Estructura.....	77
4.6.1	Cargas de gravedad.....	77
4.6.2	Cargas Sísmicas.....	78
4.6.3	Cargas en estado de servicio.....	79
4.7	Combinación de cargas.....	79
4.7.1	Normativa Nacional.....	79
4.7.2	Normativa Internacional.....	80
4.8	Criterios de evaluación estructural.....	81
4.8.1	Disposiciones Generales.....	81
4.8.1.1	Desempeño Objetivo.....	82
4.8.1.2	Peligro Sísmico y Nivel de Sismicidad.....	83
4.8.1.3	Información As-Built.....	84
4.8.1.4	Tipo de Edificación y Altura.....	84
4.8.2	Criterios de Evaluación.....	85
4.8.2.1	Procedimiento de Evaluación (RNE E.030).....	85
4.8.3	Criterios de aceptabilidad.....	86
4.8.3.1	Condición Global.....	86
4.8.3.2	Condición Local.....	86
4.9	Caso 1: Evaluación en estado actual en servicio.....	87
4.9.1	Modelo Estructural.....	87
4.9.2	Evaluación de ratios de demanda/capacidad.....	89

4.10	Caso 2: Evaluación en estado actual en evento extremo.....	90
4.10.1	Modelo Estructural	90
4.10.2	Evaluación de Ratios de Demanda/Capacidad	91
4.10.3	Conclusiones del caso 2	93
4.10.4	Recomendaciones del caso 2	93
4.11	Caso 3: Evaluación con reparación y reforzamiento propuesto.....	94
4.11.1	Propuesta de Reforzamiento.....	98
4.11.1.1	Materiales Para el Reforzamiento	98
4.11.1.2	Secciones Reforzadas de Columnas Principales	98
4.11.1.3	Secciones Reforzadas de Columnas Secundarias	101
4.11.1.4	Modelo Matemático Reforzado.....	101
4.11.2	Evaluación de Ratios de Demanda/Capacidad	102
4.11.3	Conclusiones del caso 3	104
4.12	Verificación de la Cimentación.....	104
4.12.1	Condiciones de Suelo	104
4.12.2	Modelamiento Numérico	105
4.12.3	Resultados de la evaluación.	106
	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	109
5.1	Hipótesis General	109
5.1.1	Respuesta a la Hipótesis General	109
5.2	Hipótesis específica 1	109
5.2.1	Respuesta a Hipótesis Específica 1	109
5.3	Hipótesis específica 2	109
5.3.1	Respuesta a Hipótesis Específica 2	109
5.4	Hipótesis específica 3	110
5.4.1	Respuesta a Hipótesis Específica 3	110
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	112
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Sísmico del Perú	8
Figura 2. Mapa de Zonas sísmicas del Perú.....	9
Figura 3. Mapa de Periodos de retorno en Perú.....	11
Figura 4. Mapa de acoplamiento Intersísmico a partir de datos GPS	12
Figura 5. Mapa de deformación de la corteza y Mapa de acoplamiento sísmico	13
Figura 6. Áreas de intensidades sísmicas ante un sismo de 8.8 Mw	14
Figura 7. Extracción de Núcleos de Concreto.....	19
Figura 8. Ensayo de Carbonatación	21
Figura 9. Equipo de ultrasonido PUNDIT PL - 200	24
Figura 10. Configuraciones del Ensayo UPV.....	25
Figura 11. Levantamiento de columnas 3D	27
Figura 12. Ensayo de resistencia a la comprensión.....	29
Figura 13. Curva típica Esfuerzo - Deformación	30
Figura 14. Ubicación del Proyecto.....	41
Figura 15. Ubicación de las columnas Evaluadas	42
Figura 16. Daños visuales en Columna C-03	44
Figura 17. Daños visuales en Columna C-04	45
Figura 18. Daños visuales en Columna C-05	46
Figura 19. Daños visuales en Columna C-17	47
Figura 20. Daños visuales en Columna C-20	48
Figura 21. Daños visuales en Columna C-21	49
Figura 22. Daños visuales en Columna C-27	50
Figura 23. Daños visuales en Columna C-C.....	50
Figura 24. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-03)	55

Figura 25. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-04)	56
Figura 26. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-17)	57
Figura 27. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-20)	58
Figura 28. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-21)	59
Figura 29. Comparación de Geometría vs Ensayo upv (C-C).....	61
Figura 30. Scanner 3D en los puntos de Escaneo.....	65
Figura 31. Distribución de los puntos de Escaneo en Planta	66
Figura 32. Resultado Obtenido del Levantamiento Geométrico.....	66
Figura 33. Vistas en Columna C-3.....	67
Figura 34. Vistas en Columna C-4.....	68
Figura 35. Vistas en Columna C-5.....	68
Figura 36. Vistas en Columna C-17.....	69
Figura 37. Vistas en Columna C-20.....	70
Figura 38. Vistas en Columna C-21.....	70
Figura 39. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-03	72
Figura 40. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-05	72
Figura 41. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-12	73
Figura 42. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-17	73
Figura 43. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-20	73
Figura 44. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-21	74
Figura 45. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-27	74
Figura 46. Ensayo de Carbonatación en la muestra C-C.....	74
Figura 47. Opciones para la reducción del riesgo sísmico.....	81
Figura 48. Opciones para la reducción del riesgo sísmico.....	83
Figura 49. Modelado de las Secciones de las Columnas Típicas del Encapsulado	88
Figura 50. Vista Tridimensional del Modelo Matemático de la Estructura	88
Figura 51. Aplicación de Cargas sobre las columnas	89

Figura 52. Ratios de Demanda/Capacidad para el caso 1.....	89
Figura 53. Evaluación del elemento más crítico del caso 1	90
Figura 54. Ratios de Demanda/Capacidad para el caso 2.....	91
Figura 55. Evaluación de la Columna más Crítica y su Diagrama de Interacción	92
Figura 56. Envolvente de Momentos en la columna más crítica	92
Figura 57. Columna principal con más daño.....	95
Figura 58. Sección más crítica de la columna principal con mayores daños.....	96
Figura 59. Columna Secundaria con mayor daño.....	96
Figura 60. Sección más crítica de la columna secundaria con mayor daño.....	97
Figura 61. Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP01)	99
Figura 62. Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP02)	100
Figura 63. Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP03)	100
Figura 64. Sección Reforzada para Columnas Secundarias (RCS01).....	101
Figura 65. Ratios de Demanda/Capacidad para el caso 3.....	102
Figura 66. Evaluación de la Columnas más Crítica.....	103
Figura 67. Modelo Numérico de la Cimentación del Encapsulado de Plomo	105
Figura 68. Evaluación de Asentamiento Primario en Servicio (cm).....	106
Figura 69. Asentamientos Primarios Máximos en Servicio (cm)	107
Figura 70. Distribución de presiones sobre suelos (Kgf/cm ²)	107
Figura 71. Presión Máxima de Suelo (Kgf/cm ²)	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de Unidades	31
Tabla 2. Zonificación por Distritos (E030, 2018).....	32
Tabla 3. Factores de Zona	32
Tabla 4. Clasificación de los Perfiles de Suelo	33
Tabla 5. Factor de Suelo	33
Tabla 6. Periodos TP y TL.....	33
Tabla 7. Categoría de las edificaciones y factor “U”	35
Tabla 8. Sistemas Estructurales	36
Tabla 9. Límites de distorsión del entrepiso	36
Tabla 10. Operacionalización de variables	40
Tabla 11. Condiciones ambientales para el sitio de Estudio	41
Tabla 12. Cuadro de Columnas Vs Ensayos Ejecutados.....	43
Tabla 13. Evaluación y Resultados Según el Tipo de Columna.....	51
Tabla 14. Criterio de Valoración de la Calidad del Concreto.....	52
Tabla 15. Resumen de Evaluación Volumétrica de Columnas umétrica de	53
Tabla 16. Resumen de Evaluación Superficial de Columnas.....	53
Tabla 17. Resumen de Evaluación Superficial de Columnas.....	54
Tabla 18. Resultados del Ensayo a Compresión de Núcleos de Concreto	62
Tabla 19. Resultados de Resistencia a Compresión de los Núcleos y los upv	64
Tabla 20. Resultados de Profundidad de Carbonatación.....	71
Tabla 21. Características mecánicas del concreto de reforzamiento, ASTM A615	75
Tabla 22. Características mecánicas del acero de reforzamiento.....	76
Tabla 23. Cargas en Coberturas	78
Tabla 24. Combinación de carga para la resistencia requerida	79

Tabla 25. Combinación de carga normas Internacionales	80
Tabla 26. Control de daño y nivel de comportamiento de la estructura.....	82
Tabla 27. Control de daño y nivel de comportamiento de la estructura.....	85
Tabla 28. Categoría de Secciones Reforzadas y Columnas Correspondientes	97
Tabla 29. Alturas de Reforzamiento según la sección	103
Tabla 30. Capacidades Admisibles y módulo de balasto según tipo de cimentación .	105

RESUMEN

El presente título denominado “Evaluación Estructural de almacén encapsulado de plomo existente, de la unidad logística Callao de la compañía Perubar, Callao, 2022” se basa en la evaluación estructural de las columnas de un Almacén de Plomo ubicado en las instalaciones de Perubar en Lima, Callao para ello primero se hizo la inspección estructural de las columnas mediante ensayos de los cuales se obtuvo la información de la estructura para posteriormente realizar la evaluación y propuesta de reparación y reforzamiento. Primero se realizó la inspección visual y ensayos directos e indirectos los cuales se realizaron in situ. Debido a las limitaciones de accesibilidad se evaluó las columnas que se encontraron libres C-3, C-4, C-5, C-12, C-17, C-20, C-21, C-23, C-25, C-27, C-29, C-31 y C-C, además se enfocó a evaluar las columnas más críticas. Para la evaluación estructural se evaluaron 3 casos; en el primer caso se consideraron cargas actuantes reales sobre la estructura, para el segundo caso se emplearon todas las cargas actuantes además de las cargas vivas normativas y las combinaciones de cargas establecidas según la normativa, para el caso 3 se evaluó un evento extremo, finalmente la categorización de las columnas según ratios ayudo a la optimización del reforzamiento y al ahorro de material. Finalmente se evaluó el comportamiento estructural de las columnas de la estructura del almacén encapsulado de plomo, llegando a las siguientes conclusiones; las características mecánicas de las columnas se encontraban con patologías debido a la misma operación de carga de concentrado de plomo, la capacidad estructural de las columnas no actuaban correctamente y se tuvo que realizar un rediseño para obtener valores adecuados estructurales, se identificaron las patologías utilizando tecnología de vanguardia logrando datos importantes para la correcta evaluación del almacén encapsulado de plomo.

Palabras clave: evaluación; columnas; estructura; concreto; análisis; encapsulado; inspección; reparación; reforzamiento.

ABSTRACT

This title called "Structural Evaluation of the existing encapsulated lead warehouse of the Callao logistics unit of the Perubar company, Callao, 2022" is based on the structural evaluation of the columns of a Lead Warehouse located at the Perubar facilities in Lima, Callao for this, first the structural inspection of the columns was made through tests from which the information of the structure was obtained to later carry out the evaluation and proposal for repair and reinforcement. First, the visual inspection and direct and indirect tests were carried out, which were carried out in situ. Due to accessibility limitations, the columns that were found to be free were evaluated: C-3, C-4, C-5, C-12, C-17, C-20, C-21, C-23, C-25, C-27, C-29, C-31 y C-C, also focused on evaluating the most critical columns. For the structural evaluation, 3 cases were evaluated; In the first case, real acting loads on the structure were considered, for the second case all the acting loads were used in addition to the normative live loads and the combinations of loads established according to the regulations, for case 3 an extreme event was evaluated, finally the categorization of the columns according to the ratios helped to optimize the reinforcement and save material. Finally, the structural behavior of the columns of the encapsulated lead warehouse structure was evaluated, reaching the following conclusions: The mechanical characteristics of the columns were found to have pathologies due to the same lead concentrate loading operation, the structural capacity of the columns did not act correctly and a redesign had to be carried out to obtain adequate structural values, the pathologies were identified using technology cutting-edge, achieving important data for the correct evaluation of the encapsulated lead warehouse

Keywords: evaluation, columns, structure, concrete, analysis, encapsulation, inspection, repair, reinforcement.

INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos en un mundo lleno de eventos sísmicos y estos a nivel mundial no se dan de igual manera y esto se debe a que existen diferentes placas tectónicas. Los acontecimientos sísmicos forman parte de la naturaleza del planeta tierra que han estado presente desde el pasado y estarán presentes en nuestro futuro.

El Perú se encuentra ubicado sobre una gran falla geológica más conocido como el cinturón de fuego del pacifico, este origina el choque de las placas de Nazca y las placas Sudamericanas originando movimientos telúricos, es importante saber que las estructuras si no cuentan con un buen diseño antisísmico sufren fallas estructurales y en el peor de los casos podrían originar pérdidas humanas.

El motivo del presente estudio de investigación tiene por finalidad la evaluación estructural de las columnas afectadas del almacén de plomo ubicado en las instalaciones de Perubar. Rediseñar los elementos estructurales en este caso las columnas y así definir un correcto diseño de las columnas, con el objetivo de salvaguardar el bienestar de los trabajadores de la empresa Perubar.

La presente tesis está desarrollada por cinco capítulos las cuales se describen a continuación:

El capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, el cual abarca la descripción del problema, formulación del problema, justificación de la investigación, objetivos de la investigación (objetivo general y los objetivos específicos) y finaliza con la hipótesis de la investigación.

El capítulo II, se presenta el marco teórico, empezando por los antecedentes de la investigación, ayudándonos a tener una base como referencia de estudios previos, las bases teóricas y definición de términos que serán más utilizados en esta tesis.

El capítulo III, se presenta el Marco Metodológico, empezando por los aspectos metodológicos que sustentan la presente tesis a desarrollar, especificando el tipo y nivel de investigación, acciones y actividades, materiales y/o instrumentos, población y muestra de estudio, tratamiento de datos y análisis de la información.

El capítulo IV, se presenta los resultados de la investigación, empezando por la descripción del proyecto, diseño de los elementos estructurales y el análisis sismorresistente de la edificación.

El capítulo V, presenta la discusión de este trabajo de investigación.

Y para finalizar, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Problema

En la unidad logística callao referido más adelante como Perubar, se encuentra el almacén de plomo conformada por una estructura mixta, muros y columnas de concreto armado en conjunto con un techo de estructura metálica y una cobertura o lona, que viene operando desde el año 2005. Estas columnas presentan daños en su sección inferior, específicamente entre el nivel de piso y los 2 metros de altura. Mostrando perdidas de grandes bloques de concreto que dejan expuesto el acero y en muchos casos la pérdida de la sección del acero, el motivo de la presente evaluación estructural surge a consecuencia de la preocupación del personal que trabaja en las instalaciones de la empresa Perubar. Debido a que las columnas que sostienen la estructura metálica del techo presentan daños en la parte inferior. Estas columnas aparte de ser el soporte de la estructura metálica, a su vez son elementos que en conjunto con los muros de contención sirven para el acopio de grandes volúmenes de concentrado mineral.

Se pudo encontrar columnas que presentan desprendimiento de concreto dejando expuesto el acero de refuerzo y este a su vez presenta una oxidación, cortes y pérdida de sección. Estos daños corresponden, en su gran mayoría, al movimiento de maquinaria pesada, ya que al realizar las tareas de carga y descarga de concentrado de mineral la maquinaria encargada (cargador frontal) golpea constantemente las columnas y los muros. Así mismo, los daños en el acero de refuerzo corresponden a factores ambientales como la humedad, presencia de sales y sulfatos

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo es el comportamiento estructural de las columnas de la estructura del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar?

1.2.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las características mecánicas de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar?
- b. ¿Cuál es la capacidad estructural de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar?
- c. ¿Cuáles son las patologías de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar?

1.3 Justificación de la investigación

El Proyecto está enfocado en evaluar estructuralmente las columnas del almacén encapsulado de plomo, con lo cual los técnicos especializados de la unidad logística Callao en Perubar, podrán realizar las actividades de carga y descarga de los minerales de una forma segura, evitando un posible colapso de la estructura existente de esta manera no se verá afectada la integridad del personal ni de las maquinarias, así como la capacidad de almacenaje.

Es necesario realizar la evaluación estructural de las columnas del almacén encapsulado de plomo ya que se necesita conocer el comportamiento que esta tendrá frente a un eventual evento sísmico, sabiendo que se encuentra ubicada geográficamente dentro del cinturón de fuego del pacifico, por lo cual lo hace estar expuesto a eventos sísmicos de gran magnitud.

Con la evaluación estructural se podrá conocer la condición actual de la estructura, y en base a ello se podrán tomar decisiones para minimizar los daños que esta genere.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento estructural de las columnas de la estructura del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar las características mecánicas de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar.
- b. Evaluar la capacidad estructural las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar, empleando la NTE E.030 y NTE E.060.
- c. Identificar las patologías de las columnas del almacén encapsulado de plomo, empleando la tecnología adecuada para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis General

Las columnas del almacén encapsulado de plomo presentan un comportamiento estructural deficiente.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- a. Al Determinar las características mecánicas de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar, estas no cumplen las condiciones de servicio E.060 de concreto armado.
- b. Al evaluar estructuralmente las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar, se determinará que las condiciones de servicio de la estructura son deficientes.
- c. Se Identificarán las patologías de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar como fisuras y pérdida del recubrimiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 A Nivel Internacional

Según, Ledemas y Martínez (2018) desarrollaron la tesis titulada “Evaluación por desempeño del diseño estructural de viviendas en estado de vulnerabilidad alta en la ciudad de Bogotá – caso de estudio localidades de: Bosa, ciudad Bolívar, San Cristobal y Usme”, tesis que tiene la finalidad de elaborar para las edificaciones en estado de alta vulnerabilidad la evaluación por desempeño de diseño estructural, ya que los eventos sísmicos suelen pasar eventualmente y con ello afectar las localidades de Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Usme en la ciudad de Bogotá D.C., luego de escoger las viviendas con la ayuda del programa SAP2000 se realizó el modelamiento, según el análisis pushover o también conocido como análisis estático no lineal, el modelo matemático en cuestión representa esencialmente la distribución de la rigidez y las masas del sistema estructural teniendo en cuenta la deformación que excedan el límite proporcional, según lo indica la NSR-10 A-13.

Alvarado et al. (2008), presentan su tesis “Influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios” de la Universidad de el Salvador. Este país está marcado por desastres ocasionados por sismos, los cuales podrían haber sido evitados mediante el uso adecuado de las normativas de diseño sismorresistente. El presente estudio tiene por finalidad cómo influye la estructuración sísmica en el proceso del diseño de estructuras de concreto reforzado. El grado de influencia se realizó mediante un análisis comparativo entre sistemas estructurales y sus propiedades, partiendo desde el desarrollo los aspectos a tomar en cuenta para llevar a cabo el desarrollo de un sistema determinado hasta una evaluación comparativa entre la correcta aplicación de dichos parámetros, mostrando además los efectos que la estructura sufrirá de acuerdo a las variaciones aplicadas.

2.1.2 A nivel Nacional

Ponte (2017), desarrolló la tesis titulada “Análisis del diseño estructural de albañilería confinada para la vida útil de viviendas autoconstruidas en el distrito de Independencia, Lima 2017”, la cual tuvo por finalidad determinar el análisis del diseño estructural de albañilería confinada que mejorará la vida útil de viviendas autoconstruidas en el distrito

de Independencia. Sobre la metodología utilizada fue de tipo Aplicada. Sobre el diseño es no experimental. Como resultado del modelado en el ETABS se obtuvo deficiencias antes las autoconstrucciones sometidas al sismo, tratándose debido a un mal diseño estructural, mala dosificación del concreto y deficiente acero de refuerzo requerido según la norma vigente; por lo que se concluye formular un diseño de reforzamiento estructural para una vida útil de las viviendas autoconstruidas.

Según, Tacza Zevallos (2019) desarrolló la investigación titulada “Evaluación estructural, propuesta de reforzamiento y viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, ubicadas en el distrito de Ate en la ciudad de Lima 2018”, tesis que tiene la finalidad de determinar en qué medida se relaciona la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento en las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, para ello se evaluó 150 viviendas de las cuales tuvieron fallas por columna corta, discontinuidad de vigas y columnas, tabiquería no arriostrada, muro portante con ladrillo pandereta, unión muro y techo, para lo cual se desarrolló una propuesta de reforzamiento

2.2 Bases Teóricas

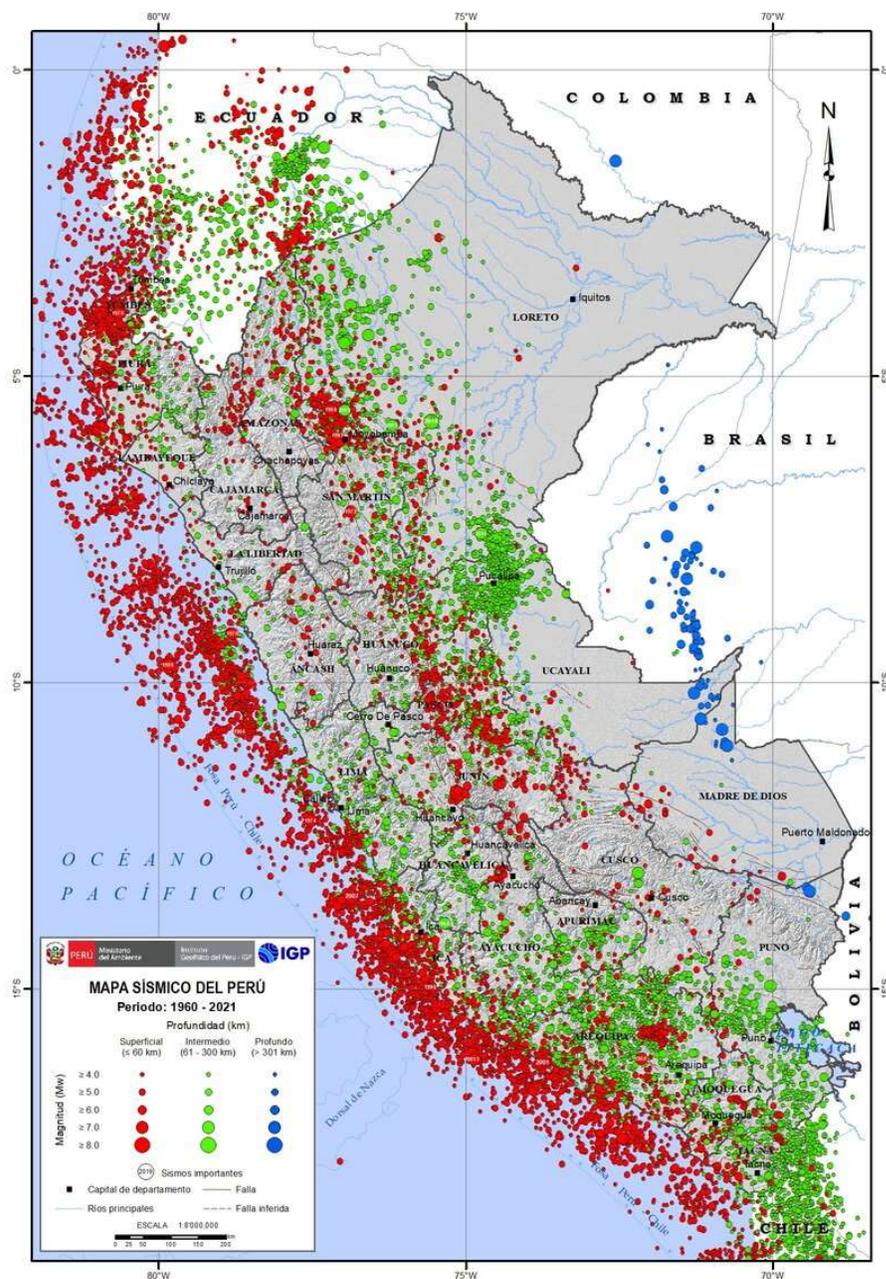
2.2.1 Sismicidad en el Perú

La figura 1 muestra la geodinámica y geomorfología de toda la superficie nacional y comienza con el proceso de subducción entre las placas de Nazca y la Sudamericana, con velocidades que oscilan entre los 7 a 8 cm/año (Villegas-Lanza et al., 2016).

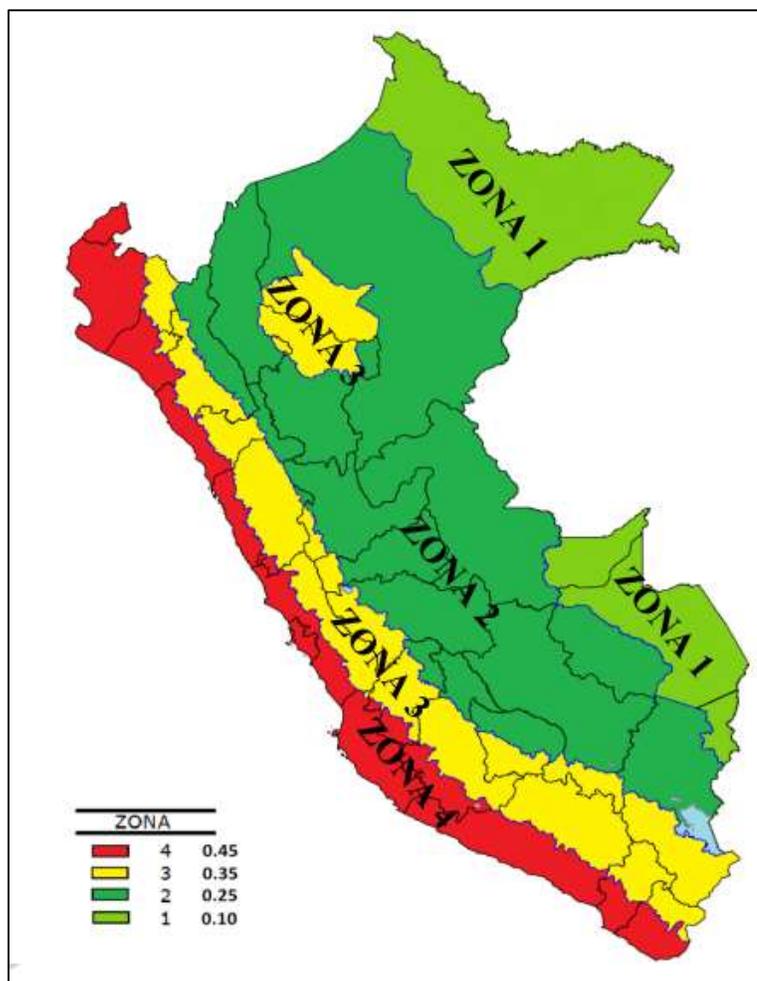
La región costera del Perú es de las zonas de toda Sudamérica con el mayor peligro ante un evento sísmico tal como se aprecia en la figura 2, los cuales son de elevadas magnitudes que suceden con una frecuencia relativa, ya que, a lo largo de estos últimos 500 años de historia, todas las ciudades que se ubicaban cerca de la zona costera han sufrido daños desde moderados a graves, sin mencionar de las pérdidas humanas; también, debido a la morfología de sus costas, las tsunamis en estas zonas aledañas a la costa se han presentado en zonas puntuales con una intensidad superior (Tavera Huarache, 2020).

La forma y el movimiento de la corteza terrestre del territorio peruano se deriva del proceso de subducción entre las Placas de Nazca y la Sudamericana, con una velocidad media de 7 a 8 cm/año (Villegas, 2016).

Figura 1
Mapa Sísmico del Perú



Nota. El mapa Sísmico del Perú durante el periodo de 1960 – 2021 donde se puede apreciar que la zona del Callao cuenta con sismos mayores a 8 (Mw). imagen extraída del instituto geofísico del Perú

Figura 2*Mapa de Zonas sísmicas del Perú*

Fuente: Imagen extraída de la (Norma E030 Diseño Sismorresistente, 2020)

2.2.2 Sismicidad en la Región del Callao

El Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2018), realizó un Censo Nacional en el 2017 cuyos resultados arrojaron que más del 50 % de la población del Perú se concentra en la Costa. Además, se reportó que en Lima la tasa de crecimiento anual es 1,2 % y en la Provincia Constitucional del Callao la tasa de crecimiento anual es de 1,3 %. Este crecimiento poblacional ha generado un aumento de proyectos de viviendas multifamiliares en Lima y el Callao con el fin de nivelar las condiciones habitacionales del país.

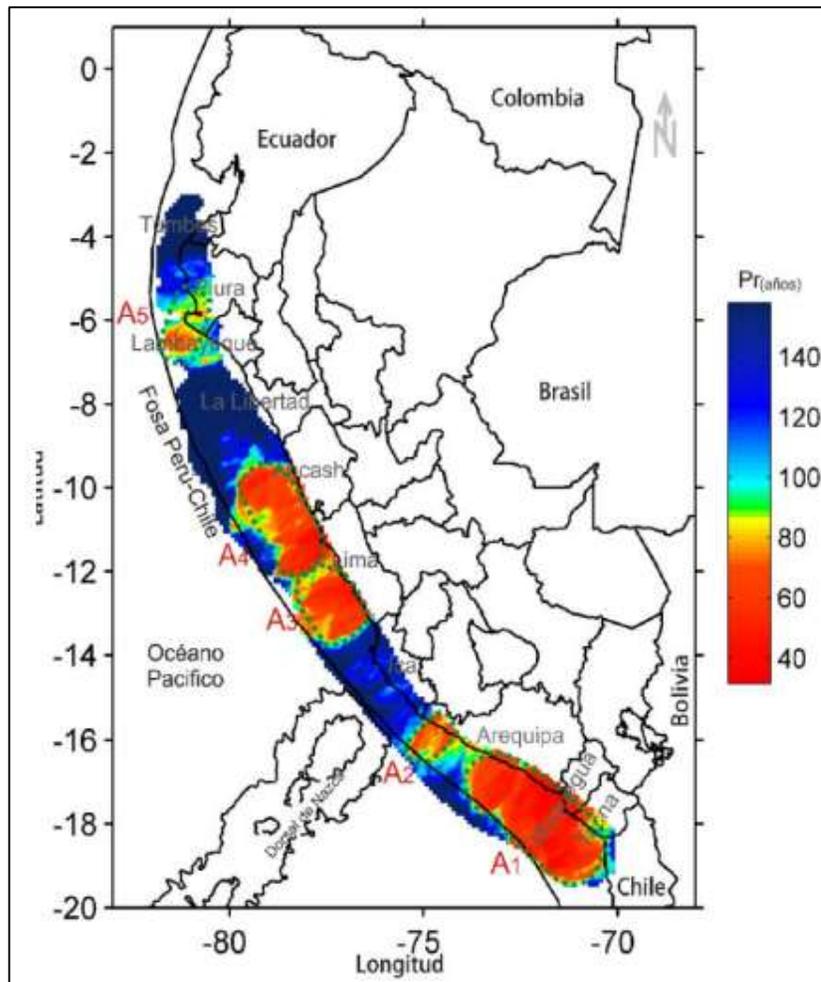
Las zonas más propensas ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, a lo largo del borde occidental de Perú, se han documentado a través de una serie de estudios efectuados por instituciones de investigación nacional e internacional como el Instituto Geofísico del Perú (IGP), Instituto de Investigación de Francia (IRD), entre otros.

La primera metodología se basa en el análisis de las áreas de ruptura de sismos ocurridos en el pasado y sus consecuentes lagunas sísmicas, las cuales se definen como áreas donde en el pasado han ocurrido eventos de gran magnitud y se espera la ocurrencia de otro de similares características. De acuerdo a Tavera (2014), se ha identificado la presencia de una laguna sísmica en la región central del Perú que vendría acumulando energía sísmica desde el año 1746 (hace 270 años). Los sismos que ocurrieron en los años 1940, 1966, 1970 y 1974, con magnitudes menores o iguales a 8.0 Mw, no habrían liberado el total de la energía sísmica acumulada en dicha región.

La segunda metodología se basa en cálculos estadísticos, que utilizan como dato de entrada un catálogo sísmico homogéneo y una serie de algoritmos propuestos por Wiemer y Zúñiga (1994), en la figura 3 busca identificar las áreas de mayor o menor probabilidad de ocurrencia de sismos de una determinada magnitud. Así Condori y Tavera (2012), hicieron uso del catálogo sísmico del Perú para el periodo 1960 – 2012 e identificaron, en el borde occidental de Perú, la presencia de 5 áreas que se interpretan como asperezas, cuyas dimensiones permitieron estimar la magnitud de los sismos que podrían generar cada una. Las asperezas identificadas frente a la costa de la región central de Perú (A3 y A4), estarían asociadas al terremoto de 1746. De acuerdo a las dimensiones de ambas asperezas, la liberación de energía acumulada en esta zona podría generar un sismo de magnitud 8.8 Mw. Según esta metodología se tendría una probabilidad mayor a 70 % de producir sismos importantes en los próximos 75 años.

Figura 3

Mapa de Periodos de retorno en Perú



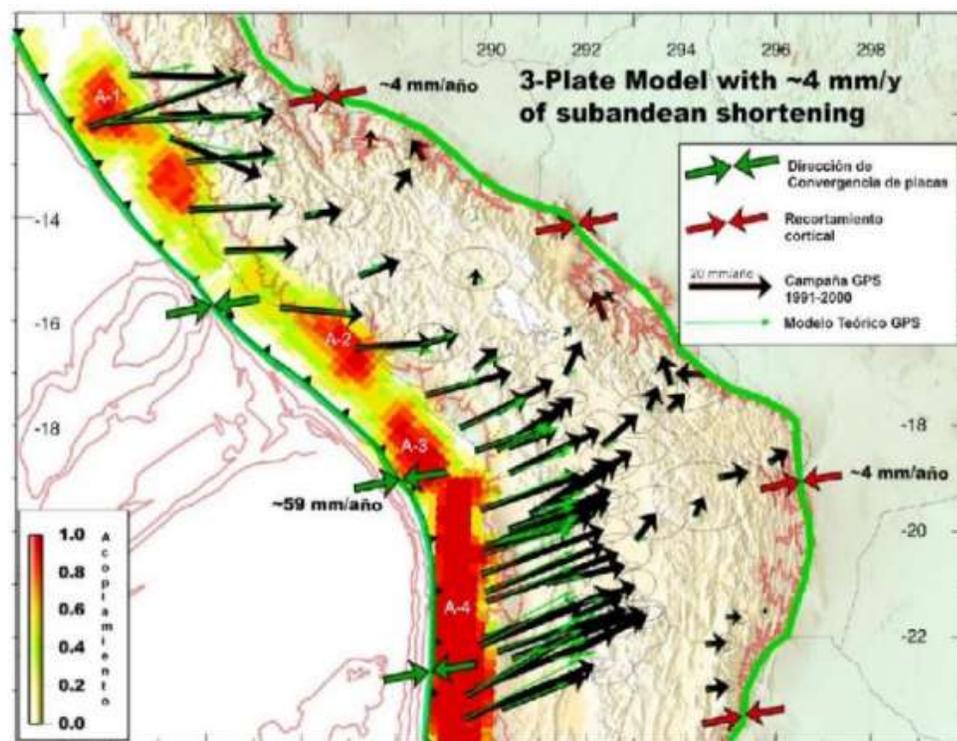
Nota. Mapa de periodos de retorno para las asperezas identificadas en la región occidental de Perú. Fuente. Imagen extraída de tesis, (Condori y Tavera 2012)

La figura 4 se aprecia la tercera y más reciente metodología que se ha aplicado en el Perú proviene del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el cual permite monitorear los movimientos de la superficie terrestre con nivel de precisión inferior al milímetro. Dichos movimientos están directamente asociados al proceso de acumulación de energía y deformación que se produce en la zona de contacto de las placas tectónicas y que se propagan a la superficie de la corteza terrestre. Al medir la deformación de la superficie terrestre con GPS se puede identificar las zonas que acumulan energía sísmica y que darán lugar a los futuros terremotos. Así, en un primer

estudio Chlieh et al. (2011), haciendo uso de observaciones GPS recolectadas entre los años 1994 y 2005, lograron identificar la existencia de cuatro zonas de acumulación de energía o acoplamiento sísmico (asperezas). Para la región central se ha identificado dos áreas de acoplamiento (A1) siendo la ubicada al norte, la de mayor tamaño. Ambas parecen estar conectadas formando una zona con longitud, paralela a la costa, de 350 km. La magnitud del sismo ha sido estimada entre 8,5 - 8,7Mw. Estas áreas estarían asociadas al terremoto de 1746.

Figura 4

Mapa de acoplamiento Intersísmico a partir de datos GPS



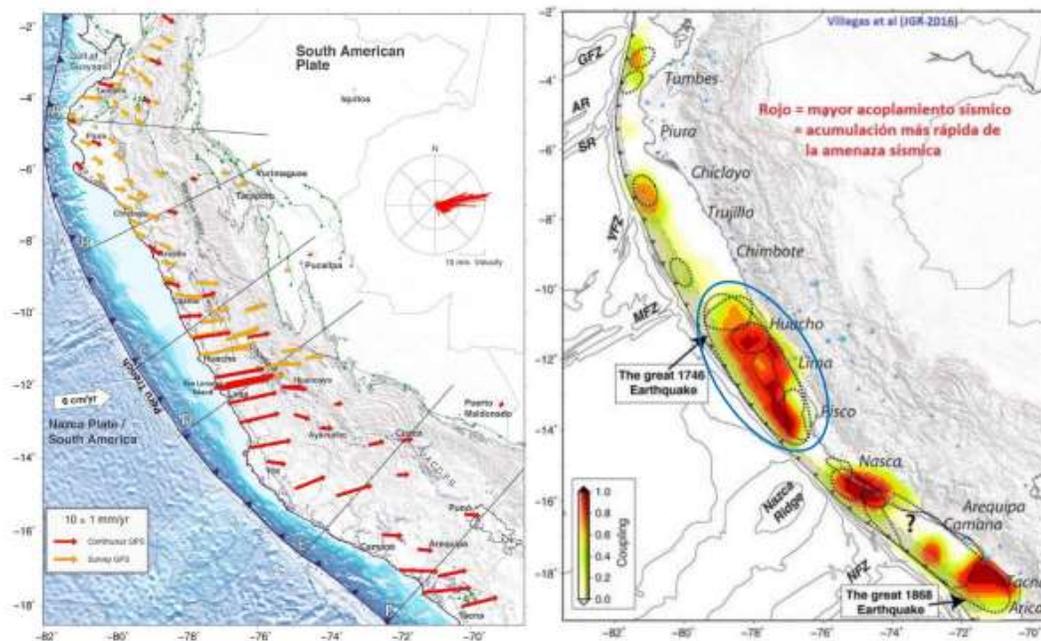
Nota. En la zona del callao se detectó posibles sismos de 8.5 – 8.7 Mw *Fuente.* Imagen extraída de tesis, (Chlieh et al., 2011)

En la figura 5 se observa la investigación de mayor detalle y alcance, a escala de todo el borde occidental de Perú, ha sido recientemente publicado por Villegas-Lanza et al. (2016). Dichos autores realizaron observaciones geodésicas desde el año 2008 al 2014 en todo el país, logrando caracterizar en detalle la deformación de la corteza terrestre asociada a la acumulación de energía sísmica en la zona de contacto de placas tectónicas, lo que les permitió identificar las asperezas o zonas de mayor acoplamiento

sísmico y que representan un peligro latente para la ocurrencia de terremotos de gran magnitud. De acuerdo a este estudio, la zona acoplada con mayor dimensión se ubica frente a la costa de la región central de Perú, abarcando una longitud de 470 km, la cual de liberar toda la energía sísmica acumulada hasta la fecha, podría generar un sismo de magnitud entre 8,6 – 8,8Mw

Figura 5

Mapa de deformación de la corteza y Mapa de acoplamiento sísmico

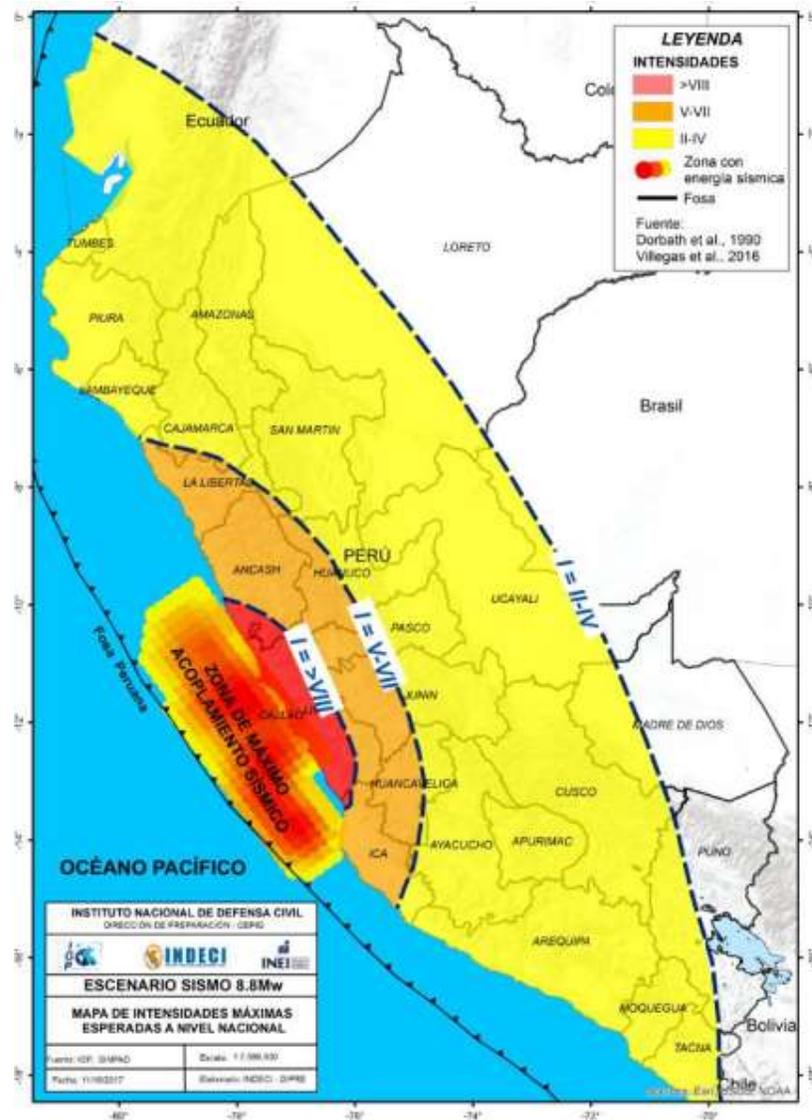


Nota. a) Mapa de deformación de la corteza terrestre medido con GPS para el Perú, y b) Mapa de acoplamiento sísmico para la zona de subducción del Perú modelada a partir de datos GPS. *Fuente.* Imagen extraída de tesis, (Villegas-Lanza et al., 2016)

En la figura 6 se evidencian de manera clara la existencia de una zona de acumulación de energía sísmica frente a la región central de Perú, cuyas estimaciones de magnitud, serían similares al terremoto de 1746. Siendo así, este sismo además de generar aceleraciones y/o sacudimientos del suelo del orden de 500 - 900 cm/s² (Pulido et al., 2015), produciría un tsunami cuyas olas presentarían varios metros de altura y cientos metros de inundación afectando de manera severa la zona costera de la región central del Perú. Este tsunami afectaría principalmente a las ciudades ubicadas en la costa de las regiones de Lima, Ancash e Ica.

Figura 6

Áreas de intensidades sísmicas ante un sismo de 8,8 Mw



Nota. Áreas de intensidades sísmicas que produciría un sismo de 8,8 Mw, similares a las del terremoto de 1746. *Fuente.* Imagen extraída de (INDECI, 2017)

Como se observa, gran parte de las provincias y distritos ubicados en la zona occidental de la región Lima se verían sometidas a intensidades > VIII (MM). En cuanto a Lima Metropolitana y El Callao, evidentemente serían expuestas a las más altas intensidades debido a su cercanía a la zona de ruptura, además se espera que ocurran efectos de licuefacción de suelos en la costa, efectos de subsidencia, asentamiento y

otros peligros asociados como tsunamis, movimientos en masa, derrame de sustancias químicas (puerto Callao), incendios, explosiones, entre otros.

2.2.3 Inspección visual de patologías

La inspección visual de los elementos de concreto proporciona importante información histórica del desempeño y durabilidad del concreto. Esto resulta en la detección temprana del envejecimiento y deterioro del concreto, con el cual la estructura puede ser reparada sin la necesidad de ser reemplazada, influyendo en el costo del proyecto.

De acuerdo con el ACI 201 los principales defectos que se pueden identificar visualmente en el concreto son las fisuras, el deterioro y los defectos relacionados a la textura. El proceso de inspección también puede ser complementado con ensayos no-destructivos o destructivos.

2.2.4 Fisuras en las estructuras

Las fisuras están formadas por una completa o incompleta separación de dos o más partes del material que forma el concreto o la albañilería. Son caracterizadas por su espesor, longitud y su tipo de fisura. Dentro de los principales patrones de fisuras podemos encontrar lo siguiente:

- Fisuras diagonales: presente en elementos a flexión, la fisura es causada por esfuerzos de corte en vigas y losas.
- Mapa de fisuras: se extiende en una superficie y es causado por la contracción durante el secado de la superficie del concreto. También puede ser causado por la reacción química entre los álcalis del cemento y minerales del agregado.
- Fisura plástica por contracción: ocurre en la superficie del concreto fresco, justo después del vaciado.
- Fisuras por temperatura: se produce debido a las fallas por tensión ante elevados gradientes de temperatura.

2.2.5 Envejecimiento de estructuras

El deterioro en el concreto es una manifestación física de la falla del material, el cual puede ser causado por condiciones ambientales o descomposición del material. Los principales signos de envejecimiento se evidencian en las siguientes condiciones.

- Deformación: se evidencia en un cambio de dimensión o forma del concreto, el cual puede ser causado por la corrosión del refuerzo

- **Delaminación:** es una separación de la superficie del concreto, el cual puede ser causado por la corrosión del acero de refuerzo o los esfuerzos del ciclo hielo-deshielo.
- **Desintegración:** el material se reduce a fragmentos y luego a partículas. Sus causas pueden ser por los ataques químicos y/o físicos.
- **Eflorescencia:** las manchas por eflorescencia son depósitos de sal que se forman en la superficie, pueden presentarse en superficies de concreto o muros de albañilería

2.2.6 Problemas de textura

Estos tipos de problemas no es independiente a los dos tipos mencionados anteriormente, sino que se centra en aquellos que fueron causado por el proceso de colocación del concreto. Los principales deterioros de este tipo se describen a continuación.

- **Juntas frías:** es una discontinuidad producida por la colocación del concreto en el elemento en dos etapas diferentes, esto causa que no se produzca una fuerte adherencia entre los concretos de diferentes edades.
- **Cangrejera:** son los vacíos en el concreto debido a que el mortero no cubre completamente las partículas del agregado, se produce por la segregación del concreto.
- **Segregación:** es la concentración no uniforme de los componentes del concreto, el cual resulta en la disminución de las propiedades superficiales. La segregación puede causar cangrejeras en los elementos estructurales.

2.2.7 Ensayos destructivos

Las pruebas destructivas de los materiales son ensayos incluidos dentro de la rama de la ingeniería forense que se aplican sobre diferentes compuestos para determinar cuáles son sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. El objetivo es verificar si cumplen los estándares de calidad necesarios para garantizar su fiabilidad.

A diferencia de las pruebas no destructivas, los ensayos destructivos modifican las propiedades, estructura o geometría de las piezas examinadas, generando daños como deformaciones o roturas que los invalidan para su uso posterior. Por este motivo, los estudios se hacen sobre una muestra representativa del material denominada probeta, la cual puede tener diversas formas (esfera, cilindro, cubo, etc.). (Infinita industrial consulting,2023)

En la mayoría de los casos, las pruebas destructivas se ejecutan sobre compuestos metálicos como el acero, pero también se realizan sobre otra clase de sustancias como el hormigón. Se suelen efectuar en los laboratorios de química o física con los siguientes fines: (Infinita industrial consulting,2023)

- Comprobar que los materiales reúnen los requisitos básicos de calidad antes de incorporarlos a la cadena de producción.
- Definir las propiedades y la composición de los materiales para establecer qué funciones pueden desempeñar y calcular su vida útil.
- Realizar controles de calidad de las estructuras durante los procesos de fabricación.
- Comparar diferentes materiales y elegir cuál es el más idóneo para cada aplicación.
- Verificar la fiabilidad de las soldaduras y los adhesivos entre distintas piezas.
- Revisar las características de los materiales de forma periódica para constatar que se conservan en buen estado.
- Analizar los fallos para descubrir por qué se han producido y evitar futuros accidentes.
- Diseñar nuevos materiales con procesos de fabricación optimizados para ofrecer mejores prestaciones durante más tiempo.

2.2.7.1 Tipos de ensayos Destructivos

Las pruebas destructivas de los materiales pretenden poner en práctica una simulación de las condiciones que deben soportar las muestras en la vida real. En función de la propiedad que se quiera analizar, se pueden distinguir varias modalidades:

- Ensayos destructivos químicos: En este tipo de ensayos se desarrollan procedimientos como el análisis químico de los componentes o las pruebas de corrosión, en las que se estima la degradación de los metales por oxidación (cesión de carga eléctrica) cuando entran en contacto con agentes ambientales como el aire, la humedad o los gases contaminantes presentes en las ciudades.
- Ensayos destructivos físicos: Son las pruebas destructivas de materiales en las que se aplican fenómenos físicos como el calor, la luz o la electricidad. El propósito es llevar a cabo la medición de variables como el punto de fusión y ebullición, el grado de conductividad térmica y eléctrica o el nivel de magnetismo.

- Ensayos destructivos mecánicos: Se trata de test en los que se somete a la probeta a fuerzas de naturaleza mecánica de una determinada carga. Incluyen un amplio abanico de experimentos, tales como pruebas de fatiga, dureza, rotura, resiliencia, compresión, tracción, torsión o flexión.
- Sea cual sea su naturaleza, los distintos tipos de ensayos destructivos cumplen una función básica en cualquier obra de ingeniería: asegurar la fiabilidad de los materiales que se van a emplear para construir estructuras, ya sean arquitectónicas, automovilísticas, navales o de cualquier otra índole. De ahí la importancia de que se ejecuten de forma profesional, siguiendo los protocolos de actuación marcados por la normativa ISO correspondiente a cada ámbito. (Infinita industrial consulting,2023)

2.2.7.2 Extracción de Núcleos y Ensayo de Resistencia a la compresión

El ensayo de extracción de núcleos de concreto es un ensayo destructivo que permite determinar la resistencia a la compresión de los elementos estructurales de concreto simple o armado. En este ensayo es necesario el uso de una perforadora diamantina y un detector de acero para la extracción de las muestras de concreto y la detección de las barras de acero de refuerzo y estribos, respectivamente. Este procedimiento es empleado cuando ha ocurrido anomalías en el desarrollo de la construcción, incendios, estructuras antiguas o no se cuenta con registros de resistencia en la edificación.

En la figura 7 se observa el proceso de la extracción, debe evitarse perforar las barras transversales de acero con el fin de no dañar los refuerzos y evitar sobreestimaciones de resistencia en el concreto. Durante la extracción, la perforadora diamantina debe ser colocada perpendicularmente a la superficie analizada y como mínimo a 15 cm alejados de las juntas de unión de los elementos estructurales con la finalidad de conseguir muestras más representativas. Asimismo, la relación longitud diámetro de los núcleos debe ser al menos de 1 o en casos que se pueda obtener relaciones mayores la norma ASTM C42 sugiere valores de 1,9 a 2,1.

Figura 7

Extracción de Núcleos de Concreto



Nota. Se tomaron las muestras con mucho cuidado
Fuente. Foto, tomada el día de la extracción de muestras realizadas in situ.

2.2.7.3 Carbonatación

Este ensayo tiene por objeto determinar la profundidad de carbonatación en concretos endurecidos y puestos en servicio, de esta forma se puede conocer si dicha profundidad ha superado o no el recubrimiento del acero de refuerzo.

El método se basa en determinar la reducción de la alcalinidad del hormigón debida a la carbonatación, la cual se manifiesta por cambios de coloración con un indicador de pH (generalmente solución de fenolftaleína).

El indicador puede tomar las siguientes coloraciones:

- Rojo - púrpura para valores de pH > 10 (concreto no carbonatado).
- Rosa para valores de pH entre 9 y 10 (concreto con indicios de carbonatación).

- Incolora para valores de $\text{pH} < 9$ (concreto carbonatado).

El procedimiento del ensayo se resume a continuación en los siguientes pasos:

- i. La superficie que se desea realizar el ensayo debe estar seca y limpia de partículas sueltas, aplicar la disolución de fenolftaleína mediante pulverización tipo aerosol. Esperar de 10 a 30 minutos y observar si se aprecia coloración.
- ii. Cuando no se aprecie coloración, como resultado de la prueba se indicará la profundidad que no llegó a colorar, el cual indica hasta que el nivel llegó la carbonatación (recubrimiento carbonatado). Para conocer la profundidad del frente carbonatado, se debe seguir profundizando hasta que se aprecie coloración. Si se supera el doble del espesor de recubrimiento de la armadura y no se aprecia coloración, no será necesario seguir profundizando, pues en este caso es muy probable que el concreto tenga un proceso de carbonatación avanzado.
- iii. Cuando se aprecie coloración se indicará el color que adquiere la superficie (rojo-púrpura o rosado) y se aplicará el indicador sobre varias secciones del recubrimiento para determinar la profundidad del frente de carbonatación, esperar 15 min. y medir en mm la profundidad media.

En la figura 8 se observa el ensayo de carbonatación, en cualquier caso, se recomienda aplicar el indicador sobre superficies limpias de partículas sueltas y recientemente fracturadas; preferentemente en zonas donde el agregado sea de menor tamaño y evitando zonas donde el recubrimiento se encuentre suelto o existan fisuras, salvo que expresamente interese comprobar si estas zonas se han carbonatado. Es recomendable realizar este ensayo acompañado de un ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 8

Ensayo de Carbonatación



Nota. La muestra se torna un color rosa Fuente. Foto, tomada el día de la extracción de muestras realizadas in situ.

2.2.8 Ensayos no destructivos

Se denomina ensayo no destructivo (END) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, puesto que no implican la destrucción de la pieza a inspeccionar, en muchas ocasiones es la única posibilidad de inspección, por ejemplo, en sectores como el de automoción donde se necesita inspeccionar el 100% de las piezas producidas, o la inspección de soldaduras o tuberías en servicio en sectores como el petroquímico. (Ricardo Ferrer-Dalmau, 2019)

Los tres grandes grupos de END

Pruebas no destructivas superficiales

Estas pruebas proporcionan información acerca del estado superficial de los materiales inspeccionados. Los principales métodos son:

VT – Inspección Visual,

PT – Líquidos Penetrantes

MT – Partículas Magnéticas

EC – Eddy Current o Corrientes inducidas

En el caso de utilizar VT y PT sirven para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); mientras que con MT y EC se tiene la posibilidad de detectar tanto.

2.2.8.1 Pruebas no destructivas Volumétricas

Estas pruebas proporcionan información acerca del interior de los materiales inspeccionados. Los principales métodos son:

RT – Radiografía Industrial

UT – Ultrasonido Industrial

AE – Emisión Acústica

Termografía Activa

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y subsuperficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales. discontinuidades superficiales como subsuperficiales (las que se encuentran justo debajo de la superficie). (Ricardo Ferrer-Dalmau,2019)

2.2.8.2 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (upv)

El ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (UPV) es un método de ensayo no destructivo que se basa en el uso de una onda acústica de alta frecuencia, no perceptible por el oído humano, que se transmite a través de un medio físico para la detección de discontinuidades internas y superficiales o para medir el espesor de paredes y otras aplicaciones.

Para llevarlo a cabo se utiliza un material piezoeléctrico insertado dentro de un transductor. Ese cristal piezoeléctrico transmite al elemento en estudio una onda ultrasónica que se propaga a través de este y que es detectada por un transductor receptor, originando una señal eléctrica que es amplificada e interpretada por el equipo de procesamiento.

Los parámetros que caracterizan los ultrasonidos son los mismos que para las ondas electromagnéticas. Solo detallar que la velocidad de propagación (V_p): Es la velocidad de propagación de la onda. La velocidad de propagación de los ultrasonidos en el aire a la temperatura ambiental es igual a la de los sonidos audibles,

considerándose un valor del orden de 343 m/s, en tanto que su velocidad de propagación en un medio líquido como es el agua es mayor, pudiéndose considerar aproximadamente un valor de 1.500 m/s, mientras que para elemento de concreto usualmente se puede obtener valores entre 3000 m/s y 5000 m/s.

Por otro lado, durante la realización del ensayo UPV se deberá controlar algunos factores que pudieran afectar las mediciones, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Contacto entre superficies del concreto y transductores. Debe haber un contacto directo y en toda la superficie de los transductores; las superficies moldeadas, en general no presentan problemas y si presentan alguna rugosidad, se puede eliminar frotando con piedra de pulir. Los transductores deben apretarse contra el elemento de concreto y, para mejorar el contacto, se suele colocar una base de gel acoplante, pudiendo también aplicarse vaselina y jabón en gel entre la superficie del concreto y los transductores.
- Longitud del recorrido. Debido a la heterogeneidad del concreto y, para evitar sus efectos, es conveniente que el recorrido sea suficientemente extenso. Para un mismo concreto es posible medir diferentes velocidades de propagación de onda al medir distintos espesores. Generalmente se recomienda que para concretos con un agregado de hasta 1/2" se tenga un espesor mínimo de 10cm y para agregados hasta de 3/4" un espesor mínimo de 15cm.
- Humedad del Concreto. En general, la velocidad de propagación del sonido en el hormigón aumenta a medida que su contenido de humedad es mayor, ya que la velocidad del sonido en el agua es mayor que en el aire.
- Acero de Refuerzo. El refuerzo presente en el concreto afecta considerablemente las medidas de velocidad, debido a que, en el acero la velocidad de propagación puede ser hasta 2 veces mayor que en el concreto. Es necesario verificar la ubicación de las varillas de refuerzo del concreto antes de realizar el ensayo UPV.

En este estudio en particular, para realizar los ensayos de UPV se empleó el equipo PUNDIT PL-200 de la marca PROCEQ. Este es un equipo moderno que tiene facilidad de uso con una interfaz intuitiva y entre las posibles aplicaciones que se le puede dar están la medición de tiempo de viaje de una onda, cálculo de espesor de elementos, medición de profundidad de fisuras, exploración por líneas y áreas en

superficies de concreto, cálculo de resistencia a la compresión y el cálculo de módulo de elasticidad dinámico.

En la figura 9 se observa el ensayo Pundit PL-200, explícitamente nos referimos a la primera inspección de reconocimiento en donde se observó la limitación de acceso hacia algunas columnas, por lo que algunas de estas se tuvieron que estudiar por el exterior. En la figura 10 observamos las 3 posibles configuraciones para los transductores durante la evaluación, por lo que, según las condiciones de accesibilidad se dispuso 2 tipos de evaluaciones.

- Evaluación con la configuración de transmisión directa (evaluación volumétrica del concreto)
- Evaluación con la configuración de transmisión indirecta (evaluación superficial del concreto)

Figura 9

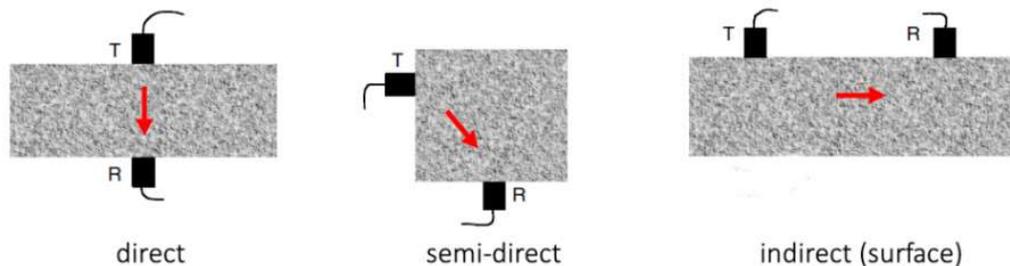
Equipo de ultrasonido PUNDIT PL - 200



Nota. Se configuro el ensayo UPV de manera directa *Fuente.* Foto, tomada el día de la realización del ensayo in situ.

Figura 10

Configuraciones del Ensayo UPV



Nota. a) Directa b) Semidirecta c) Indirecta Fuente. Imagen extraída de (COTECNO,2023).

La clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica puede proporcionar información sobre la calidad y la integridad del material. La velocidad ultrasónica del sonido a través del concreto está relacionada con sus propiedades físicas y mecánicas. Aquí hay una clasificación general basada en la velocidad ultrasónica:

1. Condición Excelente:

Velocidad Ultrasónica: > 4575 m/s

Características: Indica un concreto de alta densidad y resistencia. Generalmente, se asocia con una baja porosidad y una buena calidad.

2. Condición Bueno:

Velocidad Ultrasónica: $< V < 4575$ m/s

Características: Representa un concreto de calidad aceptable con propiedades mecánicas y estructurales típicas.

3. Condición Cuestionable:

Velocidad Ultrasónica: $3050 < V < 3660$

Características: La descripción de un concreto como "cuestionable" generalmente indica que hay dudas o preocupaciones sobre su calidad o integridad. Pueden existir diversas razones para considerar que el concreto es cuestionable.

4. Condición Pobre:

Velocidad Ultrasónica: $2125 < V < 3050$

Características: Puede indicar problemas como baja resistencia, alta porosidad, presencia de grietas, o deterioro del material.

5. Condición Muy Pobre:

Velocidad Ultrasónica: < 2125

Características: Cuando se describe el concreto como "muy pobre", generalmente se hace referencia a un material que no cumple con los estándares aceptables en términos de resistencia, durabilidad u otras propiedades esenciales. Aquí hay algunas razones por las cuales el concreto podría considerarse muy pobre.

Es importante destacar que la interpretación de la velocidad ultrasónica debe hacerse considerando factores como el tipo de agregados, la relación agua-cemento, la cura del concreto y otros aspectos de la mezcla y la colocación. Además, se deben realizar pruebas ultrasónicas en diferentes ubicaciones de la estructura para obtener una evaluación más completa.

Esta clasificación es solo una guía general, y los valores específicos pueden variar según el tipo de estructura y los estándares utilizados en la industria de la construcción. La evaluación de la velocidad ultrasónica es una herramienta valiosa para la evaluación no destructiva de la calidad del concreto y la detección de posibles problemas estructurales.

2.2.8.3 Escaneo de Columnas con Escáner

El trabajo de la evaluación estructural del Encapsulado de Plomo aborda el levantamiento estructural y/o geométrico de las columnas, para este propósito se aplicó el método de escaneo 3D con el equipo Faro Focus. Este método se basa en el levantamiento de una densa nube de puntos a 360° en la horizontal desde un punto fijo. Estos puntos de escaneo se repartieron en las columnas definidas para levantar su geometría.

En la figura 11 vemos el resultado del escaneo 3d y el levantamiento de la geometría estructural de las columnas el cual es generar un modelo digital tridimensional de su forma actual para realizar las verificaciones necesarias para la evaluación de la subestructura del Encapsulado de Plomo.

Figura 11*Levantamiento de columnas 3D*

Nota. Levantamiento en 3D con FARO FOCUS. Fuente. Tomada el día de la realización del ensayo in situ y el software RECAP.

2.2.8.4 Ensayos END son una mejor opción

La tendencia en la industria es utilizar cada vez más este tipo de ensayo, ya no solo como control final de piezas fabricadas, sino también para control de procesos de producción. Un ejemplo de ello lo encontramos en el sector automoción, concretamente en el control de puntos de soldadura, donde se suele inspeccionar los puntos de soldaduras por ultrasonidos en línea. Así se consigue verificar si el punto ha sido soldado correctamente. En caso contrario, permite modificar los parámetros de soldadura del robot y evitar que éste siga soldando incorrectamente y reducir así las unidades con este defecto. (Ricardo Ferrer-Dalmau,2019)

2.2.9 Principales propiedades Mecánicas del Concreto

El concreto pasa por 3 etapas: En la primera etapa el concreto es un material blando y manejable, luego pasa a una segunda etapa que es el fraguado, aquí el concreto va adquiriendo una rigidez, y en su tercera y última etapa que es el endurecimiento adquiere sus propiedades mecánicas en donde se manifiesta su resistencia a la compresión.

Concreto Fresco

- Trabajabilidad: capacidad del concreto que tiene para ser manipulado, además de la facilidad que presenta para llenar espacios vacíos. Esta consistencia del concreto en ese estado puede ser medido por un ensayo de asentamiento por medio del cono de Abrahams.
- Segregación: Separación de los materiales que constituyen el concreto fresco.
- Exudación: Cuando el agua de la mezcla fluye a la superficie, debido a la segregación que sufren los agregados.
- Peso unitario: usado principalmente para corroborar el rendimiento de la mezcla, a su vez también poder precisar el contenido de materiales como cemento, arena, piedra y agua, cantidad expresada por metro cubico de concreto, así como contenido de aire. (Nemocon, 2016).

Concreto Endurecido

- En la figura 12 se observa el ensayo de resistencia a la compresión: Donde la mayoría de los elementos diseñados a concreto, suponen solo esfuerzos a compresión. El valor máximo de la compresión del concreto es alcanzando a los 28 días de vaciado el concreto en estructuras; se muestra el ensayo de la resistencia a la compresión (NTP 339.034).

Figura 12

Ensayo de resistencia a la compresión

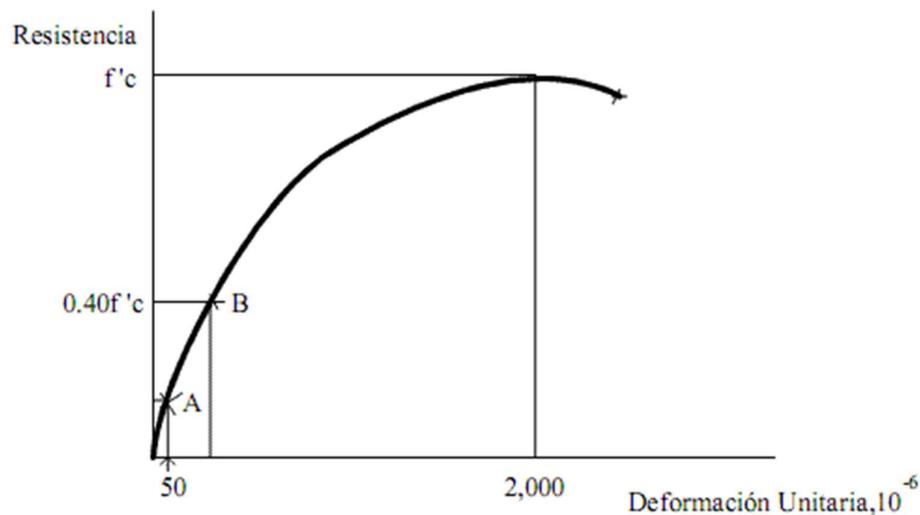


Nota. Podemos apreciar un testigo de concreto que ha sido sometido a un ensayo de resistencia a la compresión que ha sufrido su rotura debido a la fuerza que ha sido sometida. *Fuente.* Foto extraída de (Cansuas ingeniería, 2023).

- Módulo de elasticidad lo podemos observar en la figura 13, Propiedad mecánica que guarda relación entre el esfuerzo a la que sometida el material y su deformación unitaria; importante porque interviene en las deformaciones, derivas y consistencia de la estructura. (360 en concreto, 2020).

Figura 13

Curva típica Esfuerzo - Deformación



Nota. Curva Típica Esfuerzo-Deformación para el Concreto Bajo Compresión, y Puntos para Definir el Módulo de Elasticidad según ASTM C-469. *Fuente.* Imagen extraída del (ASTM C-469, 1996).

2.2.10 Códigos, Estándares y Referencias

Las publicaciones abajo mencionadas forman parte de estas especificaciones y deben ser usadas para los propósitos. Cada publicación debe contener la última revisión y los adendum efectuados en el día. Excepto por lo modificado por los requerimientos especificados aquí o los detalles mostrados en los planos, el trabajo incluido en esta especificación debe estar conforme a las partes aplicables de estas publicaciones:

En caso de discrepancia entre cualquiera de los códigos y normas indicadas, regirá la de mayor nivel de exigencia.

2.2.10.1 Normas Nacionales

Las normas nacionales aplicadas para la evaluación estructural son los siguientes:

- RNE E.020 – Cargas
- RNE E.030 – Diseño Sismorresistente
- RNE E.050 – Suelos y Cimentaciones
- RNE E.060 – Concreto Armado

2.2.10.2 Normas Internacionales

Las normas internacionales consideradas para la evaluación estructural del presente proyecto son los siguientes:

- FEMA P420 – *Engineering Guidelines for Incremental Seismic Rehabilitation*
- Eurocode 8 – 1998 – Part 3 – *Assessment and retrofitting of buildings*
- ASCE/SEI 41 – *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*
- ASCE 7 - *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*
- BS 8110-2 – *Structural use of concrete - Part 2: Code of practice for special circumstances*

2.2.10.3 Sistema de Unidades

El sistema de unidades empleado para la primera etapa del proyecto será el Sistema Técnico de Unidades el cual se describe con sus múltiplos en la tabla 1, con excepción de la dimensión y la denominación de pernos de anclaje y acero de refuerzo que se designarán en el Sistema de Unidades Inglés.

Tabla 1
Sistema de Unidades

Descripción	Unidad
Distancia	m
Fuerza	Kgf
Tiempo	S
Temperatura	°C

Fuente: Tabla de unidades sistema métrico

2.2.10.4 Condiciones Sísmicas

Para evaluar las condiciones sísmicas de la zona del proyecto, se ha revisado la norma de diseño sismorresistente E030 (2018). En esta normativa se especifica los niveles de demanda sísmica los cuales se muestran en la tabla 2 y 3, a los que están sometidos todos los departamentos del Perú. Para el caso particular del proyecto que se ubica en la provincia del Callao, se determinó que el sitio pertenece a una zona sísmica 4, la cual corresponde a un nivel de demanda de 0.45g.

a) Condiciones de Zona

Tabla 2*Zonificación por Distritos (E030, 2018)*

Región	Provincia	Distrito	Zona Sísmica	Ámbito
Callao	Callao	Bellavista Callao Carmen de la Legua- Reynoso La Perla La Punta Ventanilla	4	Todos los distritos

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente**Tabla 3***Factores de Zona*

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

b) Condiciones Geotécnicas

Los perfiles de suelo se clasifican por tipo de perfil tal como se observa en la tabla 4 tomando en cuenta la velocidad

promedio. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- Perfil Tipo S0: Roca Dura
- Perfil Tipo S1: Roca o Suelos muy Rígidez
- Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S3: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

Tabla 4*Clasificación de los Perfiles de Suelo*

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	>1500 m/s	-	-
S_1	500m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S_2	180m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100 kPa
S_3	< 180m/s	< 15	25kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Nota. Donde los valores significan lo siguiente.

\bar{V}_s : Velocidad Promedio de Propagación de ondas de corte

\bar{N}_{60} : Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar

\bar{S}_u : Promedio Ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

c) Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Se considera el tipo de perfil y sus periodos en las tablas 5 y 6, describen mejor las condiciones locales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 5*Factor de Suelo*

	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 6*Periodos TP y TL*

	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P	0,30	0,40	0,60	1,00
T_L	3,00	2,50	2,00	1,60

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente.

d) Factor de amplificación Sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica usando las fórmulas 1, 2 y 3, donde T es el periodo fundamental (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \times \frac{T_p}{T}$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times \frac{T_p \times T_L}{T^2}$$

e) Categoría de las Edificaciones y Factor de uso

Cada estructura está clasificada de acuerdo con la categoría de importancia que esta tiene. El factor de uso o importancia, definido en la tabla 7 se usa según la clasificación que se haga (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 7*Categoría de las edificaciones y factor "U"*

Categoría	Descripción	Factor U	
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1	
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: •Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. •Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. •Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. •Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. •Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. •Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. •Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5	
	B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
	C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2	

Nota 1. Tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

Nota 2. En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista. *Fuente:* Norma E030 Diseño sismorresistente.

f) Sistemas Estructurales

Los sistemas estructurales se clasifican en la tabla 8 según los materiales usados (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 8*Sistemas Estructurales*

	Reducción Ro
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota. (**) Para diseños por esfuerzos admisibles. *Fuente:* Norma E030 diseño sismorresistente.

g) Desplazamientos y Distorsiones

Los desplazamientos laterales se calculan multiplicando $0,75 \cdot R$ los resultados obtenidos del análisis lineal elástico cuando la estructura es regular, y por $0,85 \cdot R$ cuando son estructuras irregulares (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). Las distorsiones máximas permisibles por entrecimiento se ven la tabla 9 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 9*Límites de distorsión del entrecimiento*

Material Predominante	($\Delta i / h_{ei}$)
Concreto armado	0,007
Acero	0,01
Albañilería	0,005
Madera	0,01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Norma E030 diseño sismorresistente.

h) Cortante basal

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la expresión 4 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \quad (4)$$

Z = Factor de zona sísmica

U = Factor de categoría de Edificación

C = Factor de Amplificación Sísmica

S = Factor de Suelo

R = Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas

P = Peso Sísmico

i) Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante dinámica en el primer piso del edificio no puede ser menor que el 80% que la cortante estática para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

2.3 Definición de Términos

2.3.1 Sismos

Son oscilaciones de la corteza terrestre provocada por ondas sísmicas que se generan por súbita liberación de energía elástica acumulada en la corteza y parte superior del manto terrestre, debido a las corrientes de convección de calor por el gradiente de temperatura (Alva et al., 2017).

2.3.2 Subducción

Proceso en el cual una placa tectónica de la litosfera con mayor densidad y velocidad se introduce por debajo de otra placa de menor densidad hasta ser absorbida totalmente por el manto (Tavera Huarache, 1993).

2.3.3 Patología

Estudio sistemático de los procesos y características de las enfermedades y daños que puede sufrir el concreto (Concreto BH., 2018).

2.3.4 Fallo

La finalización de la capacidad de un elemento para desempeñar la función requerida. (Sepúlveda, 2017).

2.3.5 Rigidez

Es la propiedad por la cual un elemento estructural es capaz de resistir la deformación o, en otras palabras, su capacidad para soportar cargas sin deformación o desplazamiento excesivos. (Claros, 2020)

2.3.6 Carga Sísmica

Movimiento desordenado del suelo durante un sismo, el cual genera un movimiento complejo de la cimentación en el tiempo, desplazándose por una determinada ley variable en el tiempo (Villarreal Castro, 2016).

2.3.7 Taladro Extractor de Núcleos

Equipo de ensayo destructivo que extrae muestras cilíndricas de los elementos estructurales (Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, 2018).

2.3.8 Estructura

Es una colección estable de elementos de carga de una estructura destinada a soportar cargas y transmitir las al suelo. (Giordani; Leone, 2014)

2.3.9 Columna

También llamado pilar; es una barra vertical que resiste las cargas y pesos de otros elementos estructurales por encima de ella, soportando esfuerzos de compresión y torsión; puede ser de material de hormigón armado, mampostería, acero, etc (Giordani; Leone, Estructura, 2014).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Nivel de la investigación

3.1.1 Tipo de la investigación

La presente investigación por su finalidad es de tipo descriptivo, ya que se busca determinar el buen comportamiento estructural de un proyecto, bajo los requerimientos de las normas vigentes.

3.1.2 Nivel de la investigación

El nivel de investigación es aprehensivo e integrativo, porque busca analizar, comparar y evaluar los resultados obtenidos de la investigación con el reglamento normativo vigente, utilizando estrategias como la toma de datos insitu, empleo de fichas, apoyo de softwares para obtener resultados.

3.2 Población y/o muestra de estudio

Almacén Encapsulado de plomo, Distrito Callao, Provincia del Callao y Departamento del Callao.

La muestra que se estudiara serán las columnas del Almacén Encapsulado de plomo.

En la tabla 10, extraído del matriz de consistencia se describe mejor la población y/o muestra de estudio para la tesis.

3.3 Opciones de Variables

Tabla 10

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable Independiente Evaluación Estructural	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de unidades y condiciones de sitio 	unidades	<ul style="list-style-type: none"> Ambientales, geotécnicas, sísmicas
	<ul style="list-style-type: none"> Criterios de evaluación Estructural 	Adimensional	<ul style="list-style-type: none"> Desempeño, niveles de sismicidad y procedimientos de evaluación
	<ul style="list-style-type: none"> Analizar los casos de carga actuantes de la estructura 	Adimensional	<ul style="list-style-type: none"> Combinaciones de carga
	<ul style="list-style-type: none"> Brindar un diagnóstico estructural y presentar recomendaciones 	Adimensional	<ul style="list-style-type: none"> Reforzamiento según corresponda
	<ul style="list-style-type: none"> Indica las anomalías existentes en los elementos estructurales 	Adimensional	<ul style="list-style-type: none"> Patologías de elementos estructurales
	<ul style="list-style-type: none"> Indica la resistencia a compresión del concreto 	Kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> Característica mecánicas
Variable Dependiente Columnas de Almacén Encapsulado de Plomo	<ul style="list-style-type: none"> Indica la ubicación de la edificación 	Adimensional	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación Geográfica
	<ul style="list-style-type: none"> Indica la antigüedad de la estructura 	Años	<ul style="list-style-type: none"> Antigüedad de la estructura
	<ul style="list-style-type: none"> Indica el sistema estructural existente en la estructura 	Estructura Mixta	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Estructural esencial A2

Fuente: Tabla extraída de la matriz de variables

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

La investigación iniciara con la recopilación de información sobre el estado las columnas en el Almacén Encapsulado de Plomo, para así poder conocer todas sus características.

3.5 Ubicación

El proyecto de evaluación estructural se sitúa en las instalaciones de PeruBar se observar en la figura 14 y la tabla 11 se muestran las condiciones ambientales, el cual se encuentra Ubicado en la avenida Néstor Gambeta 983, provincia del Callao y Departamento del Callao

Figura 14

Ubicación del Proyecto



Nota. Vista satelital de la Ubicación. *Fuente.* Imagen propia con ayuda del programa (Google Earth).

Tabla 11

Condiciones ambientales para el sitio de Estudio

Descripción	Valor	Unidades
Altitud sobre el nivel mar Aprox.	11	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	22,3	°C
Temperatura mínima del aire	17,0	°C
Velocidad viento promedio	45	Km/h
Humedad relativa Min/Max	61/87	%
Precipitación promedio anual	15	mm
Presión Barométrica	9,61	Psig
Tipo de terreno	Arena	
Ambiente	Polvoriento	Concentrado de Minerales

Fuente: Tabla, extraída de la información brindada por Perubar.

3.6 Descripción del daño encontrado en el encapsulado de Plomo

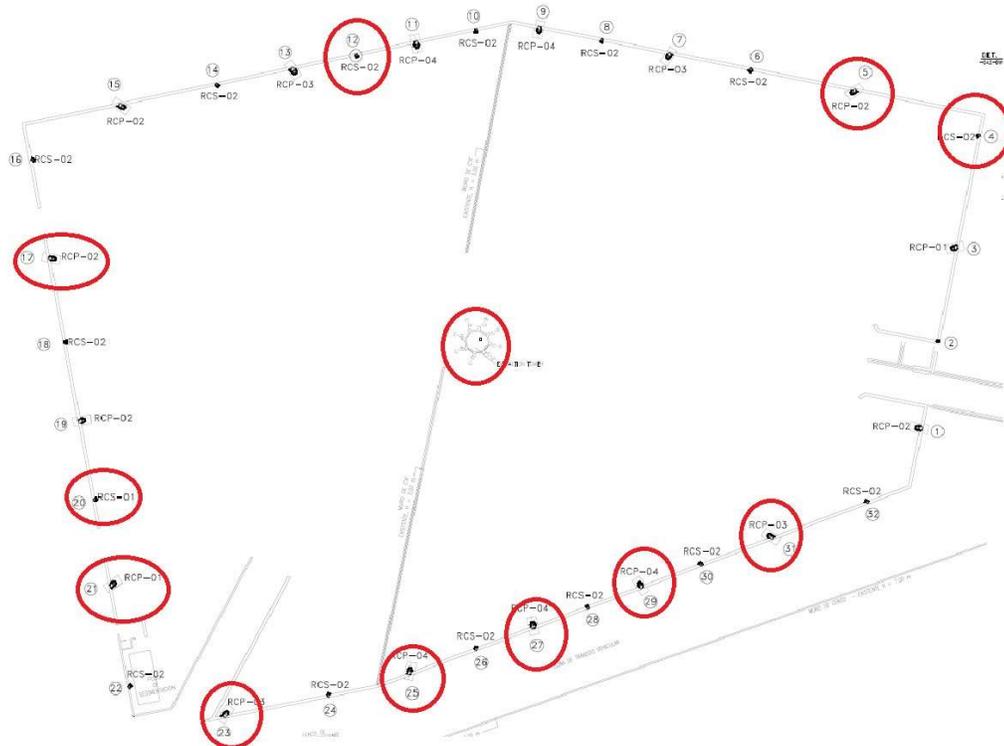
Los daños encontrados dentro del encapsulado de plomo en casi todos los elementos mantienen el mismo patrón de daño, para la tesis se identificaron las columnas mas críticas y con mayor accesibilidad ver figura 15. En las columnas a ser evaluadas se encontraron deterioro, perdida de sección de concreto y daños en el acero de refuerzo. Esto principalmente por las actividades propias de la operación de Perubar con el uso de maquinaria pesada y el acarreo de concentrado de mineral.

La temperatura al interior del encapsulado es superior a la parte externa. El concreto se encuentra en constante contacto con el mineral y hace que los equipos pesados friccionen constantemente las superficies de concreto.

Los elementos estructurales se encontraban cubiertos totalmente con mineral por lo que para utilizar los equipos de ultrasonido y el escaneo 3D, se tuvo que realizar una limpieza de la superficie a evaluar, en la tabla 12 se puede ver el check list de ensayos ejecutados para cada columna.

Figura 15

Ubicación de las columnas Evaluadas



Nota. Por las limitaciones de trabajar durante la operación se llegó a evaluar las siguientes columnas: C-3, C-4, C-5, C-12, C-17, C-20, C-21, C-23, C-25, C-27, C-29, C-31 y C-C.*Fuente.* Dibujado con ayuda del software Autocad 2D.

Tabla 12

Cuadro de Columnas Vs Ensayos Ejecutados

		limpieza y preparación de Superficie	Detección de barras de refuerzo	Velocidad de Pulso Ultrasonico (UPV)	Escaneo con equipo 3D	Extracción de núcleo de concreto	Resane y limpieza de agujero por extracción.
1	Columna C-20 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2	Columna C-21 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
3	Columna C-17 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
4	Columna C-12 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	-	-	Ok	Ok
5	Columna Central CC (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
6	Columna C-3 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
7	Columna C-4 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
8	Columna C-5 (Int. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
9	Columna C-27 (Exterior. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
10	Columna C-23 (Exterior. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	-	-	-
11	Columna C-25 (Exterior. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	-	-	-
12	Columna C-29 (Exterior. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	-	-	-
13	Columna C-31 (Exterior. Encapsulado).	Ok	Ok	Ok	-	-	-

Fuente: Tabla, extraída de la elaboración de ensayos.

3.6.1 Descripción Visual de los daños

3.6.1.1 Columna C-03

- La fricción de los equipos como cargadores frontales durante el acarreo de mineral, va desgastando poco a poco la superficie tal como se observa en la figura 16. Lo que genera poco a poco el desprendimiento del concreto.

- En la zona deteriorada se muestra también problemas de textura tipo cangrejas que genera pequeños vacíos dentro del elemento tal como se observa en la figura 16.
- El desgaste y pérdida de concreto deja expuesto el acero de refuerzo y estos presentan oxido en su superficie por la humedad y las condiciones del ambiente.
- Se observa una pérdida considerable de concreto a una altura de aprox. 1,55 m.
- Con la ayuda del detector de barras de refuerzo se pudo verificar que en algunos el recubrimiento es de 0,3 a 1,2 cm.
- Entre el nivel de piso y los 2m. de altura se observa que el elemento perdió sección a diferencia de la parte superior que muestra un elemento uniforme.

En la figura 16 se observa los daños visuales de la columna c-03

Figura 16

Daños visuales en Columna C-03



Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo. *Fuente.* Foto, tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.2 Columna C-04

- Debido a la operación de maquinaria pesada, el elemento presenta desgaste y pérdida considerable de la sección de concreto. Este elemento muestra una arista que a su vez hace contacto con el mineral y propicia el desgaste y la pérdida del concreto ya que el cargador constantemente golpea esta borde durante el acarreo de concentrado de mineral.
- A consecuencia de la pérdida de concreto, se observa en la parte inferior y 1,50 m de altura acero de refuerzo expuesto con presencia de oxidación.

- Se observa una superficie de concreto porosa y en algunos puntos problemas de textura tipo cangrejas que muy fácilmente se desprende con la fricción de escobillas de hierro.

En la figura 17 se observa los daños visuales de la columna c-04

Figura 17

Daños visuales en Columna C-04

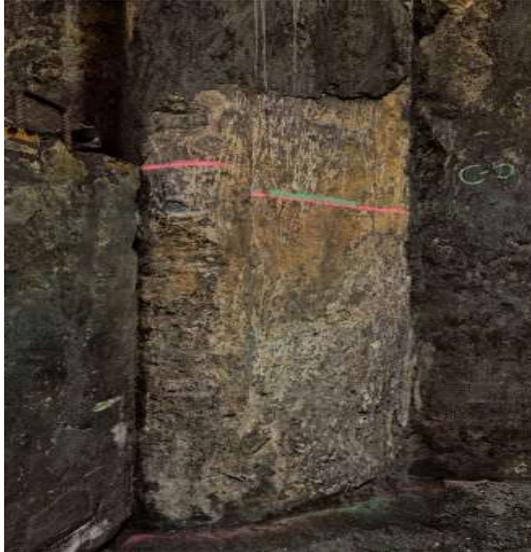


Nota. Se observa que perdió una considerable capa de concreto y se observa el acero de refuerzo. *Fuente.* Foto tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.3 Columna C-05

- Debido a la operación de maquinaria pesada, el elemento presenta desgaste y pérdida considerable de la sección de concreto. Este elemento muestra una arista que a su vez hace contacto con el mineral y propicia el desgaste y la pérdida del concreto ya que el cargador constantemente golpea esta borde durante el acarreo de concentrado de mineral.
- A consecuencia de la pérdida de concreto, se observa en la parte inferior y 1,50m de altura acero de refuerzo expuesto con presencia de oxidación.
- Se observa una superficie de concreto porosa y en algunos puntos problemas de textura tipo cangrejas que muy fácilmente se desprende con la fricción de escobillas de hierro.

En la figura 18 se observa los daños visuales de la columna c-05

Figura 18*Daños visuales en Columna C-05*

Nota. Se observa que perdió una considerable capa de concreto y se observa el acero de refuerzo *Fuente*. Foto tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.4 Columna C-17

- La columna presenta pérdida de concreto en la parte curva de columna, esto principalmente por la operación del cargador frontal durante el acarreo de mineral.
- Se puede observar una zona deteriorada con pérdida de sección de concreto entre los 0,40m y 1,75m de altura y un ancho entre 0,30m a 0,85m.
- En la zona donde se perdió concreto se muestra pequeños vacíos formados por el agregado grueso.
- Se muestran barras de acero expuestas en la parte inferior y la parte central de la columna con presencia de oxido.
- El recubrimiento en algunos puntos está entre 0,6cm a 1,30 cm.

En la figura 19 se observa los daños visuales de la columna c-17

Figura 19

Daños visuales en Columna C-17



Nota. Se observa que perdió una considerable capa de concreto y se observa el acero de refuerzo *Fuente*. Foto tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.5 Columna C-20

- La columna presenta deterioro en la superficie por las actividades propias de la operación de Perubar. Además, los factores ambientales como es el caso de la temperatura del ambiente, el contacto con el mineral, el alto contenido de sales y sulfatos propios del terreno en el que fueron construidos.
- En la zona deteriorada se muestra también agregado grueso que genera pequeños vacíos dentro del elemento.
- En la parte inferior de la columna se muestran barras de acero oxidadas, pero particularmente hay una barra de acero y a la vez un estribo discontinuo o roto. Para el caso de esta columna es un factor muy peligroso ya que es una columna secundaria y tiene una menor cuantía de acero.
- En la parte baja de la columna se observa una reducción en el ancho de la sección.

En la figura 20 se observa los daños visuales de la columna c-20

Figura 20*Daños visuales en Columna C-20*

Nota. Se observa que perdió una considerable capa de concreto y se observa el acero de refuerzo. *Fuente.* Foto tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.6 Columna C-21

- Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,5m a 1,80 m de altura. Por un ancho entre 0,30 m a 1,00 m. De ancho en la parte más desfavorable.
- El acero de refuerzo se puede observar a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.
- Durante los trabajos de limpieza, se puede observar que el agregado grueso se desprende con facilidad tan solo con pasar una escobilla metálica.
- Con el uso del detector de barras de refuerzo se pudo apreciar que el recubrimiento en algunas partes de la columna es de 0,45 cm a 1 cm. Esto principalmente por el desgaste generado por los equipos que transportan el mineral.

En la figura 21 se observa los daños visuales de la columna c-21

Figura 21*Daños visuales en Columna C-21*

Nota. Se observa que perdió una considerable capa de concreto y se observa el acero de refuerzo. *Fuente.* Foto tomada el día de la inspección visual in situ.

3.6.1.7 Columna C-27

- La columna 27 se inspeccionó por la parte exterior. Al intentar tomar datos por la parte interna esta se encontraba cubierta por mineral.
- Este Elemento no presenta daños superficiales.
- El recubrimiento es de 5 cm.

En la figura 22 se observa los daños visuales de la columna c-27

Figura 22

Daños visuales en Columna C-27



Nota. La columna se encuentra en la parte exterior y no observa daños

3.6.1.8 Columna C-C

- La columna central no presente daños superficiales. Es un elemento que al estar ubicado cerca a los equipos de aire. No tiene contacto con el mineral, lo que significa que tampoco tiene contacto con maquinaria pesada por lo tanto se puede observar un elemento en buenas condiciones.

En la figura 20 se observa los daños visuales de la columna c-20

Figura 23

Daños visuales en Columna C-C



Nota. La columna no observa daños

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados de Ensayos directos e indirectos

4.1.1 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (upv)

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico. Como ya se definió en la metodología, se evaluaron 12 columnas en total, de las cuales 6 se hicieron de forma indirecta (superficial) y las otras 6 se analizaron de forma directa (volumétrica). En la tabla 13 se resumen el tipo de evaluación realizada en cada columna y el tipo de información obtenida.

Tabla 13

Evaluación y Resultados Según el Tipo de Columna

COLUMNAS	TIPO DE EVALUACIÓN	VELOCIDAD DE ONDA P	VELOCIDAD DE ONDA S
Col – Central	Directa	x	x
Col – 03	Directa	x	x
Col – 04	Directa	x	x
Col – 05	Indirecta	x	-
Col – 17	Directa	x	x
Col – 20	Directa	x	x
Col – 21	Directa	x	x
Col – 23	Indirecta	x	-
Col – 25	Indirecta	x	-
Col – 27	Indirecta	x	-
Col – 29	Indirecta	x	-
Col – 31	Indirecta	x	-

Fuente: Tabla, extraída de los ensayos UPV realizados en campo.

Los puntos evaluados en cada una de las columnas varían desde 4 hasta 10 en cada uno, estos resultados obtenidos en los puntos estudios se emplean para obtener valores promedios de velocidad y, además, se aplican en las ecuaciones para determinar el módulo de elasticidad dinámico del concreto, posteriormente se calcula el

módulo estático del concreto y la resistencia a compresión, además de la valoración de la calidad del concreto.

El procesamiento de los resultados obtenidos del ensayo de UPV varía según el tipo de evaluación realizada (directa o indirecta). El cálculo de los módulos dinámico y estático del concreto y su resistencia a compresión se obtiene solo para evaluaciones directas (volumétricas), ya que los valores de velocidad obtenidos son representativos puesto que corresponden a la sección completa de las columnas. Por otro lado, las evaluaciones indirectas (superficiales) no tienen mucha representatividad de la masa de concreto en los elementos, debido a que solo analiza una capa delgada de la superficie de las columnas, por esto, solo se aplicara el criterio de valoración de la calidad del concreto en función de las velocidades de onda y no se calcularan valores derivados (propiedades mecánicas).

El criterio de la valoración de la calidad del concreto se adapta de “CBD-187. Non-Destructive Testing of Concrete”. Los valores límites que se establece para asignar una condición de calidad en función a la velocidad de onda longitudinal se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Criterio de Valoración de la Calidad del Concreto

Condición General	Velocidad de Pulso Vp m/s
Excelente	> 4575
Bueno	< 4575
Cuestionable	3050 < Vp < 3660
Pobre	2125 < Vp < 3050
Muy Pobre	< 2125

Fuente: Tabla, extraída de los ensayos UPV realizados en campo.

Las plantillas del procesamiento de los resultados de todas las columnas evaluadas, tanto de los estudios volumétricos y superficiales, se presenta en el ANEXO A. Sin embargo, un resumen de los resultados generales se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16.

Tabla 15*Resumen de Evaluación Volumétrica de Columnas*

ELEMENTO	Vs Prom m/s	Vp Prom m/s	E_Din Prom MPa	E_Est Prom MPa	f'c Prom MPa	f'c Prom kg/cm2	CALIDAD -
Col - Central	2266	3976	34218	23772	26	268	Bueno
Col - 03	2150	3905	33579	22973	28	290	Bueno
Col - 04	2788	4289	40363	31454	52	528	Bueno
Col - 17	2351	4137	36993	27241	34	345	Bueno
Col - 20	2274	4005	35134	24918	32	324	Bueno
Col - 21	2299	3517	27965	15956	18	188	Cuestionable

Fuente: Tabla, extraída de los ensayos UPV realizados en campo.

Habiendo procesado toda la información recopilada con el ensayo UPV, se procede a analizar los resultados obtenidos.

Tabla 16*Resumen de Evaluación Superficial de Columnas*

ELEMENTO	Vs Prom m/s	Vp Prom m/s	CALIDAD -
Col - 05	-	2126	Pobre
Col - 23	-	3592	Cuestionable
Col - 25	-	3834	Bueno
Col - 27	-	3617	Cuestionable
Col - 29	-	3307	Cuestionable
Col - 31	-	3039	Pobre

Fuente: Tabla extraída de los ensayos UPV realizados en campo.

En primer lugar, la clasificación de la calidad del concreto de las columnas evaluadas superficialmente no tiene buena correlación con lo observado en la inspección visual, ya que estos elementos tienen una condición buena en la conservación del concreto. Posiblemente estas inconsistencias se den debido a la influencia del agregado y el acero en las mediciones superficiales, por lo que estos resultados quedan al margen de la evaluación de toda la estructura.

Segundo, solo se considera para la evaluación estructural los resultados obtenidos de las evaluaciones volumétricas. De estos resultados se puede observar que la calidad del concreto esta entre cuestionable y buena, lo cual, si puede reflejar los observados en la inspección visual, ya que los ensayos se realizaron en las secciones

donde no se encontraban las patologías encontradas. Además, es necesario resaltar que los resultados, en general, tiene poca variación de las velocidades de onda, con lo que se puede asumir que los valores son representativos.

Por último, de los valores obtenidos en base a las velocidades de onda obtenidas se deberá considerar un promedio general para el empleo en el modelo estructural y la evaluación de capacidad de los elementos. En la Tabla 17 se presenta el resumen de los valores de las propiedades dinámicas representativas para toda la estructura.

Tabla 17

Resumen de Evaluación Superficial de Columnas

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Vs	2355	m/s
Vp	3971	m/s
E Dinámico	34709	MPa
E Estático	24386	MPa
f'c	32	MPa
f'c	324	Kg/cm2

Fuente: Tabla, extraída de los ensayos UPV realizados en campo.

4.1.2 Comparación de la inspección Visual de daños con el Ensayo (upv)

En general, los resultados de velocidades de onda en la masa del concreto brindan información acerca de su calidad. Estos resultados se pueden comparar con una inspección visual, en forma que se pueda apreciar que zonas de la columna tiene una calidad de concreto baja o alta. También es posible verificar que las zonas más dañadas del concreto le corresponden calidades bajas de concreto.

A continuación, se da una descripción de los hallazgos en la inspección visual y el levantamiento geométrico en comparación con los resultados del ensayo UPV.

4.1.2.1 Columna – 03

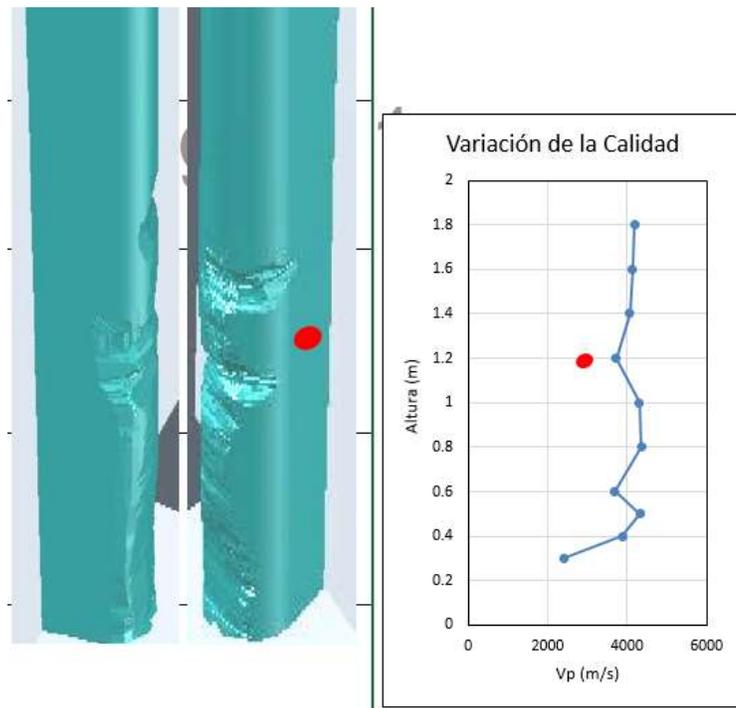
En la figura 24 se observa que las velocidades de onda resultan menores en la parte inferior ($h < 0,8m$), para luego obtener valores casi uniformes en la parte superior. Esta variación se da debido a que en la parte inferior las mediciones se encuentran mucho

más cerca de la zona dañada, mientras que en la parte superior estas mediciones se realizaron en zonas alejadas a las secciones dañadas.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da cercana al punto #6 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 372kg/cm² y 446kg/cm² para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente.

Figura 24

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-03)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV. *Fuente.* Escaneo 3d con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.2.2 Columna – 04

En la figura 25 se observa que el comportamiento de la variación de las velocidades de onda es decreciente a medida que aumenta la altura hasta h=1,50 m, donde las velocidades vuelven a incrementar su valor.

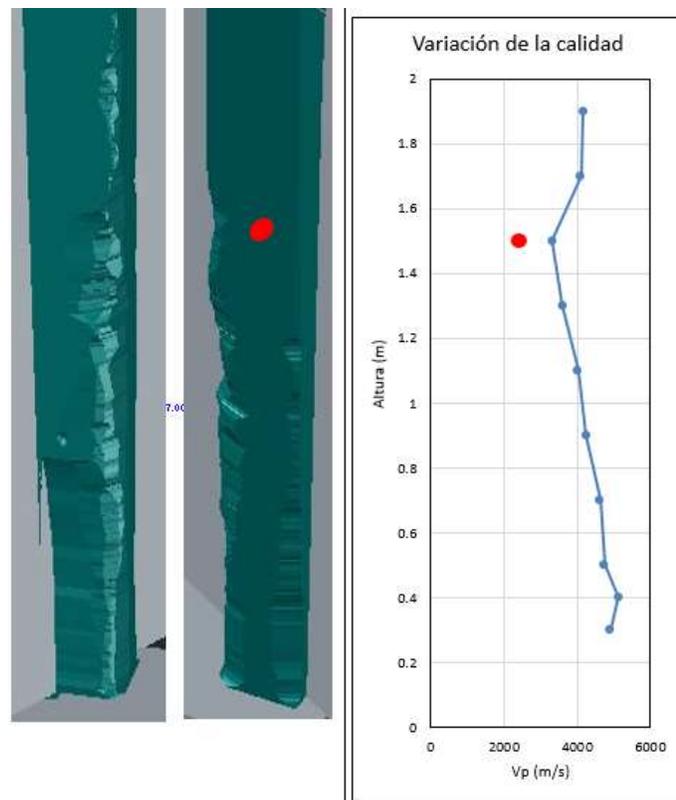
Este comportamiento de variación se da debido a que en la parte inferior sufrió mayor disminución de la sección hasta llegar cerca al núcleo de las columnas, la cual

presenta mejor condición que la parte externa. En caso de la parte superior de la columna, se presenta menor disminución de sección, sin embargo, la calidad del concreto superficial es mucho menor.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da cercana al punto #8 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 470kg/cm² y 320kg/cm² para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente.

Figura 25

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-04)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV *Fuente.* (foto propia). *Fuente.* Escaneo realizado con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.2.3 Columna – 17

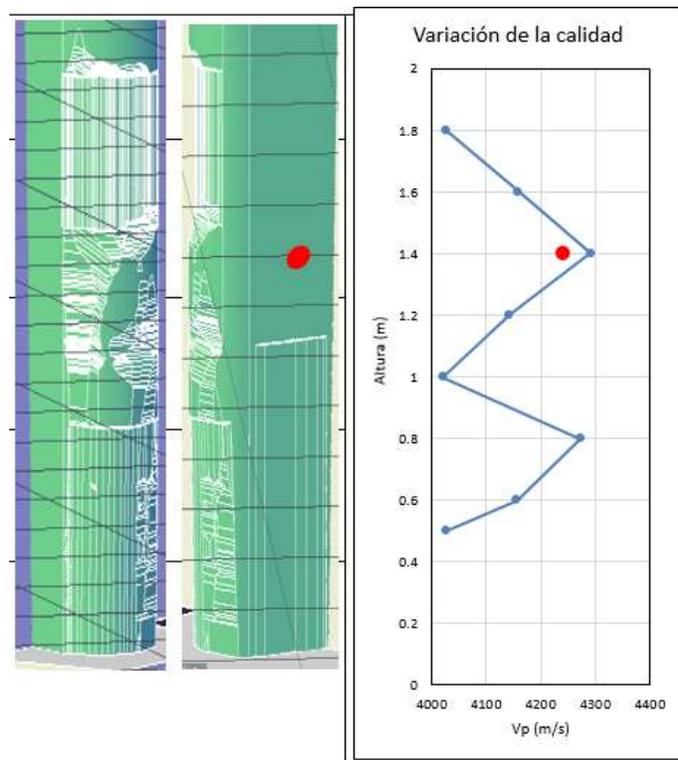
En la figura 26 se observa que el comportamiento de la variación de las velocidades de onda no tiene una tendencia específica. La variación resulta en disminución de la velocidad de onda en 3 zonas específicas ($h < 0,70$, $0,90 < h < 1,30$ y $h > 1,50$).

Este comportamiento de variación se da debido a que, entre esas alturas se presenta daños serios en el concreto, tales como cangrejas, deterioros, vacíos y corrosión en el acero de refuerzo. Los picos de las velocidades de onda corresponden a zonas donde el concreto no ha sufrido muchos de los daños mencionados.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da cercana al punto #6 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 298 kg/cm² y 436 kg/cm² para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente.

Figura 26

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-17)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV. *Fuente.* Escaneo realizado con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.2.4 Columna – 20

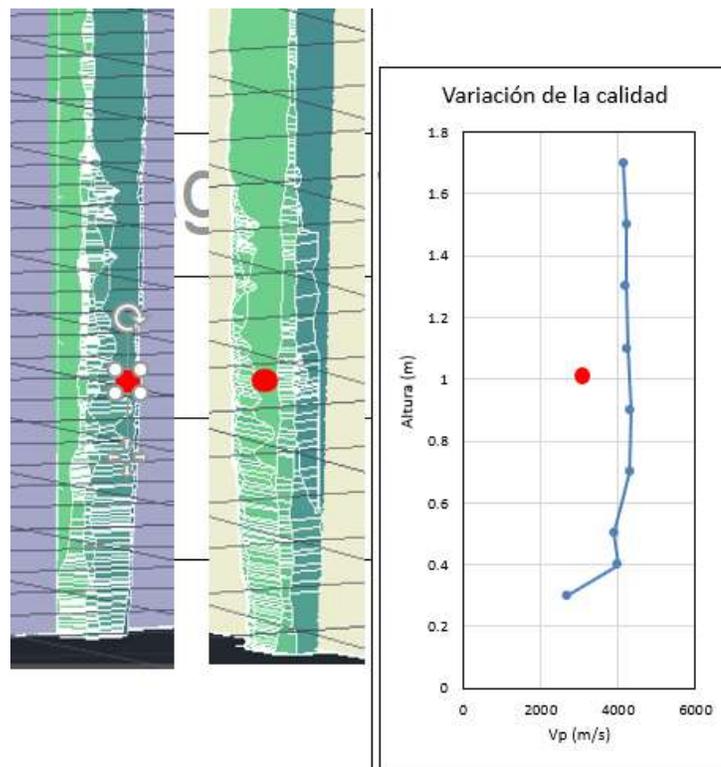
En la figura 27 se observa que el comportamiento de la variación de las velocidades de onda tiene una tendencia uniforme a partir de h=0,50 m. La parte inferior de la columna si presenta valores bajos de velocidad de onda.

En general, se puede afirmar que el concreto de esta columna presenta gran consistencia en su calidad en altura. Sin embargo, debido a que en la base del elemento se halló daños que resultaron en la exposición del acero longitudinal y el desgaste de reforzamiento transversal, todos estos daños hacen que se obtenga velocidades de onda bajas.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da entre los puntos #5 y #6 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 345 kg/cm² y 430 kg/cm² para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente.

Figura 27

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-20)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV *Fuente*. Escaneo realizado con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.2.5 Columna – 21

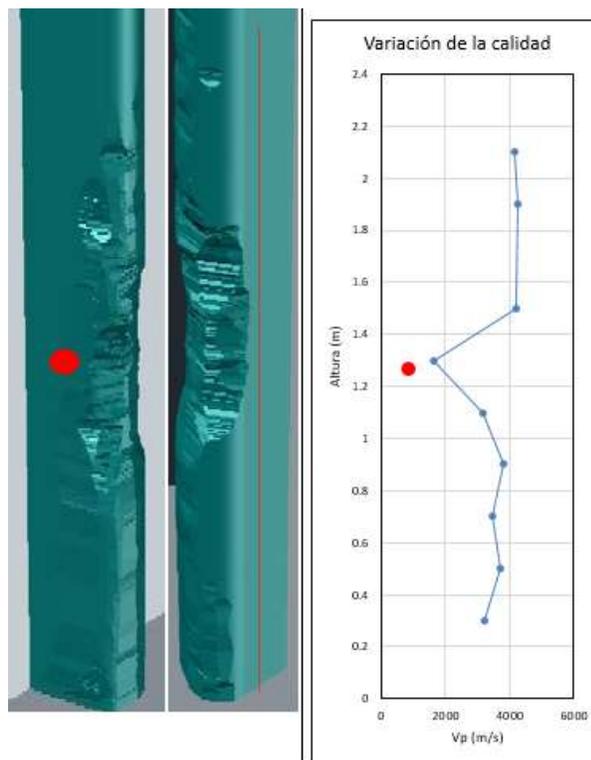
En la figura 28 se observa que el comportamiento de la variación de las velocidades de onda tiene una tendencia uniforme en toda su altura evaluada, sin embargo, entre las cotas $1,10\text{m} < h < 1,30\text{m}$ se presentó valores de velocidad de onda muy bajas.

A partir de los resultados observados, se puede correlacionar que la sección en altura que presenta valores atípicos de velocidades de onda para la columna se da debido a los daños presentes en dicha sección. Esta parte de la columna presenta daños muy graves, disminución de la sección y revelado del acero de refuerzo, desprendimiento del agregado grueso y presencia de cangrejas al interior de la columna.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da en el punto #6 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 303 kg/cm^2 y 62 kg/cm^2 para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente. La gran diferencia entre las resistencias se da debido a que el núcleo se extrajo de la zona que no presentaba daños, mientras que el ensayo UPV se realizó cerca de la zona dañada.

Figura 28

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-21)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV *Fuente*. Escaneo realizado con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.2.6 Columna – Central

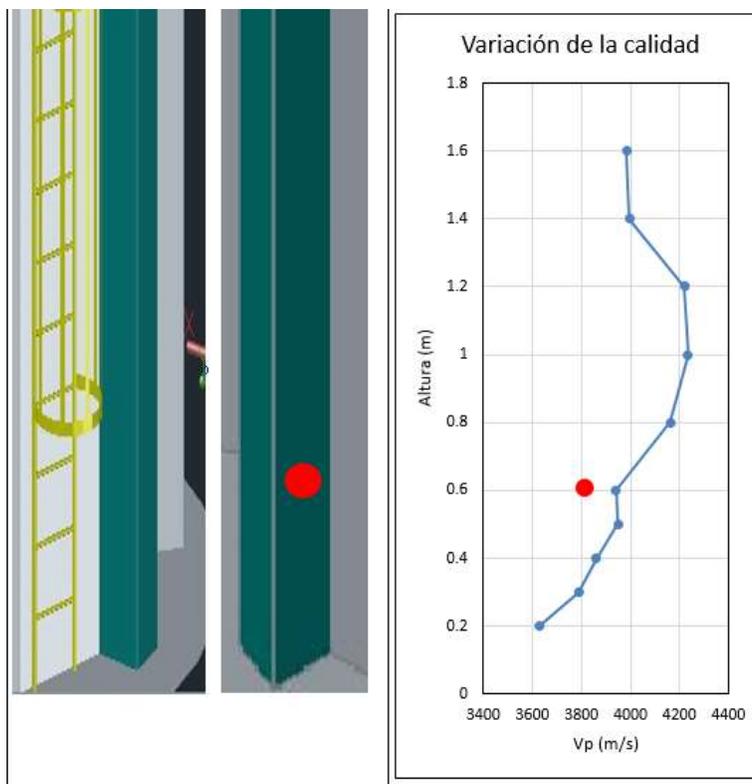
En la figura 29 se observa que el comportamiento de la variación de las velocidades de onda tiene una tendencia creciente a medida que aumenta la altura ($h < 0,80\text{m}$), hasta mantener cierta uniformidad a partir de $h = 0,80\text{m}$.

Esta columna se encuentra ubicada en la parte central del Encapsulado de Plomo, por lo que no está sometida a las actividades de trabajo de almacenaje de mineral, debido a esto no se encontró daños de ningún tipo. Sin embargo, la variación de velocidades de onda no muestra un comportamiento uniforme del concreto, lo cual posiblemente se deba a daños o patologías internas de la columna, como puede ser vacíos y/o cangrejeras.

La ubicación de la extracción del núcleo de concreto se da en el punto #5 de medición de UPV, por lo que se puede comparar los resultados obtenidos en ese punto. Resultando en una capacidad a la compresión de 287 kg/cm^2 y 243 kg/cm^2 para el ensayo de núcleos y para el ensayo UPV, respectivamente.

Figura 29

Comparación de Geometría vs Ensayo UPV (C-C)



Nota. La columna escaneada con Faro vs resultado del Ensayo UPV *Fuente*. Escaneo realizado con ayuda del escáner FARO y los resultados UPV.

4.1.3 Extracción de Núcleos y Ensayo de Resistencia a la Compresión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del Ensayo de Resistencia a Compresión de Núcleos Extraídos Mediante Perforación Diamantina. Para este ensayo se realizó la extracción de núcleos de concreto de 9 columnas seleccionadas, para mas detalles del ensayo se puede observar la tabla 18.

El Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM-UNI) fue el encargado de realizar el ensayo de núcleos de concreto endurecido del Encapsulado de Plomo. El ensayo de muestras de concreto endurecido se realizaron de acuerdo con las Normas ASTM C39, NTP 339,034, ASTM C 42 y NTP 339,059.

De los valores de resistencia a la compresión obtenidos se puede decir que los valores se encuentran entre 260 y 370 kg/cm² con un valor atípico de 470 kg/cm². En

todos los casos se obtuvo valores altos considerando que el diseño inicial de la estructura considera un concreto de calidad 210 kg/cm².

Tabla 18

Resultados del Ensayo a Compresión de Núcleos de Concreto

N°	ID	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA	VOLUMEN	CARGA	f'c
		cm	cm	cm	cm ³	kfg	kgf/cm ²
1	M - 1 C - 21	7,4	14,6	43	627,8	13028	303
2	M - 2 C - 20	7,4	14,7	43	632,1	14814	345
3	M - 3 C - 3	7,4	14,7	43	632,1	15993	372
4	M - 4 C - 17	7,4	14,6	43	627,8	12821	298
5	M - 5 C - 5	7,4	14,5	43	623,5	14129	329
6	M - 6 C - 4	7,4	14,5	43	623,5	20207	470
7	M - 7 C - 27	7,4	13,5	43	580,5	11271	262
8	M - 8 C - C	7,4	14,6	43	627,8	12360	287
9	M - 9 C - 12	7,4	14	43	602	13114	305
						f'c Prom	330
						=	

Fuente: Tabla extraída del ensayo de núcleos realizados en campo

El valor promedio para la resistencia a compresión de los núcleos de concreto endurecido de las columnas es de 330 kg/cm², lo que resulta en caracterizar al concreto en uno de buena calidad.

Sin embargo, los resultados para f'c de cada núcleo no puede ser usado como valor representativo al promedio de las resistencias, si no, se deberá calcular una resistencia equivalente, en la que se tenga en cuenta las variables de cantidad de muestras y el coeficiente de variación de los resultados.

El cálculo de la resistencia del concreto equivalente (1) se debe calcular en función a la resistencia promedio y un factor modificador, el cual tiene en cuenta las condiciones de variación de diámetro y humedad de los especímenes extraídos.

Ecuación 6.4.3 de ACI 562 (Kgf/cm²):

$$f'_{ceq} = 0,9 * \bar{f}_c \left[1 - 1,28 * \sqrt{\frac{(K_c * V)^2}{n} + 0,0015} \right] \quad (1)$$

Donde:

f_{ceq} = Esfuerzo de compresión del núcleo de concreto equivalente (Kgf/cm²)

\bar{f}_c = Promedio del esfuerzo de compresión del núcleo de concreto (Kgf/cm²)

V = Coeficiente de variación de los esfuerzos de compresión de los núcleos de concreto

K_c = Factor de modificación del coeficiente de variación

n = Número de núcleos de concreto extraídos.

El factor de modificación del coeficiente de variación (K_c) es igual a 1,09 de acuerdo con la Tabla 6.4.3 del ACI 562, el coeficiente de variación calculado (V) es 18,66 % y el número de núcleos de concreto (n) es 9, reemplazamos en la ecuación (2).

$$f'_{ceq} = 0,9 * (330) * \left[1 - 1,28 * \sqrt{\frac{((1,09) * (0,1866))^2}{9} + 0,0015} \right] \quad (2)$$

Lo que resulta después de evaluar los valores en la ecuación es una resistencia a compresión equivalente, ver respuesta (3).

$$f'_{ceq} = 267,3 \text{ kg/cm}^2 \quad (3)$$

4.1.4 Análisis de Correlación entre Resultados de (upv) y Núcleos de Concreto

Debido a que la resistencia a compresión de las columnas de concreto armado del Encapsulado de Plomo ha sido evaluada mediante 2 metodologías diferentes (DT y NDT), es necesario realizar una comparación entre ambas para ver qué la correlación existente entre ambas. Además, se debe seleccionar el resultado de la metodología más representativa para ser empleada en los cálculos de verificación estructural.

El análisis de la correlación se compara los resultados de resistencia a la compresión obtenidas para la extracción de núcleos de concreto y los obtenidos para el ensayo UPV. Ambos ensayos no fueron realizados en todos los elementos como se puede observar en la tabla 19, por lo que en algunas columnas no se tiene el valor de la resistencia a compresión obtenida con UPV.

Tabla 19

Resultados de Resistencia a Compresión de los Núcleos y los Upv

N°	ID	f'c (Extracción de Núcleo)	f'c (UPV en Columnas)	VARIACIÓN DE f'c
		kgf/cm2	kgf/cm2	%
1	M - 1	303	188	37,95%
	C - 21			
2	M - 2	345	324	5,95%
	C - 20			
3	M - 3	372	290	22,03%
	C - 3			
4	M - 4	298	345	15,71%
	C - 17			
5	M - 5	329	0	NA
	C - 5			
6	M - 6	470	528	12,36%
	C - 4			
7	M - 7	262	0	NA
	C - 27			
8	M - 8	287	268	6,76%
	C - C			
9	M - 9	305	0	NA
	C - 12			

Fuente: Tabla extraída de los ensayos UPV y extracción de núcleos realizados en campo.

4.1.5 Escaneo de Columnas con Escanner 3D

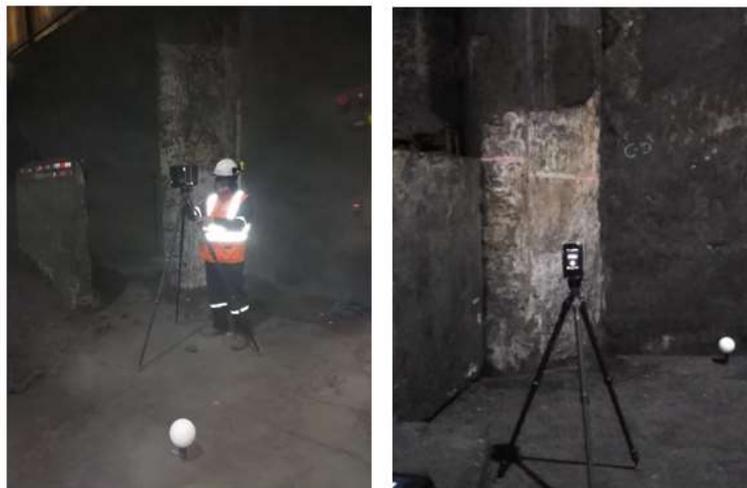
El trabajo de la evaluación estructural de las columnas de concreto del encapsulado de plomo abordó el levantamiento geométrico de la misma, para este propósito se aplicó el método de escaneo 3D con el equipo Faro Focus. Este método se basa en el levantamiento de una densa nube de puntos a 360° en la horizontal desde un punto fijo. La configuración del levantamiento geométrico se puede observar en la figura 30, estos puntos de escaneo se repartieron en toda la planta del almacén (8 en total) como se muestra en la figura 31. Con este arreglo de puntos de escaneo se logró realizar el

levantamiento de la geometría completa de la estructural del almacén, el cual es mostrado en la figura 32.

El objetivo primordial de este levantamiento de la geometría estructural fue generar los planos As-Built, los cuales se realizarán a través de un modelamiento 3D de la estructura en base a la información obtenida con el Scanner 3D.

Figura 30

Scanner 3D en los puntos de Escaneo



Nota. Se posiciona el Scanner 3D para la toma de puntos e imágenes. *Fuente.* Foto tomada el día del escaneo con FARO in situ.

Figura 31

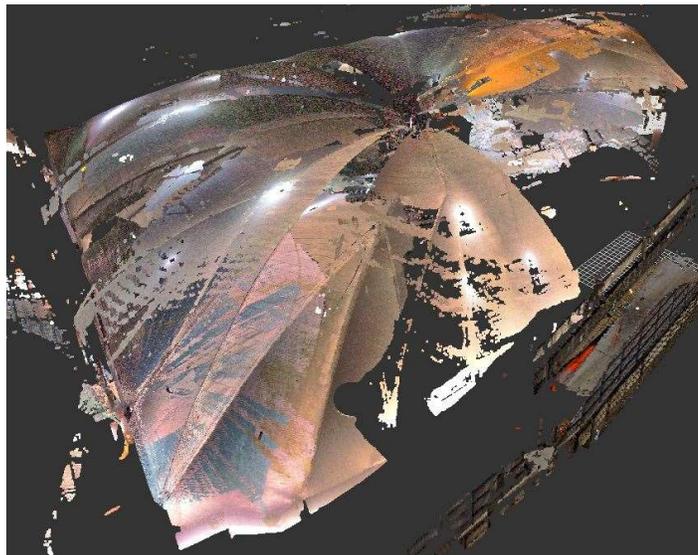
Distribución de los puntos de Escaneo en Planta



Nota. Se puede observar todos los puntos donde fueron ubicados el Scanner 3D. *Fuente.* Escaneo con FARO in situ.

Figura 32

Resultado Obtenido del Levantamiento Geométrico



Nota. Al procesar toda la nube de puntos se obtiene el levantamiento completo del almacén encapsulado de Plomo. *Fuente.* Escaneo tomado con FARO in situ.

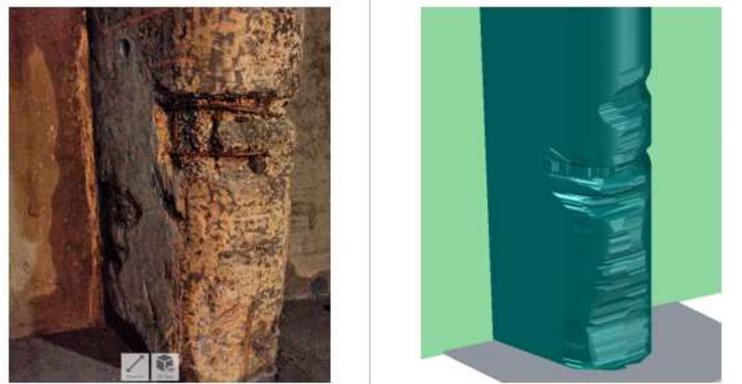
4.1.5.1 Columna C-3

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0m a 2,10 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 8,77 % a 1,30 m de altura.

En la figura 33 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 33

Vistas en Columna C-3



Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo. *Fuente.* Fotos tomado con el software RECAP.

4.1.5.2 Columna C-4

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0 m a 2,30 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 10,88 % a 0,30 m de altura.

En la figura 34 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 34*Vistas en Columna C-4*

Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo *Fuente*. Fotos tomado con el software RECAP

4.1.5.3 Columna C-5

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0m a 2,50 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 7,18 % a 0,10 m de altura. En la figura 35 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 35*Vistas en Columna C-5*

Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo *Fuente*. Fotos tomado con el software RECAP.

4.1.5.4 Columna C-17

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0 m a 1,70 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 6,09 % a 0,10 m de altura.

En la figura 36 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 36

Vistas en Columna C-17

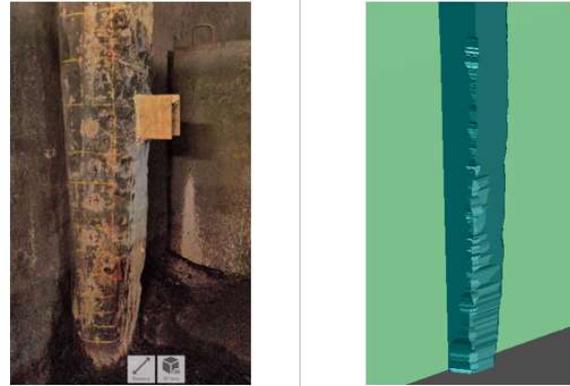


Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo *Fuente.* Fotos tomado con el software RECAP.

4.1.5.5 Columna C-20

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0 m a 2,70 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 14,71 % a 0,10 m de altura.

En la figura 37 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 37*Vistas en Columna C-20*

Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo *Fuente.* Fotos tomado con el software RECAP.

4.1.5.6 Columna C-21

Después de realizar la limpieza de la estructura se pudo observar que la columna perdió una considerable capa de concreto desde el 0,0 m a 2,20 m de altura, así mismo en la parte más desfavorable se encontró un porcentaje de reducción de 9,72 % a 1,0 m de altura. En la figura 38 se puede observar la pérdida del acero de refuerzo a causa de la pérdida del concreto. Asimismo, se observa que el acero se encuentra oxidado y perdió sección.

Figura 38*Vistas en Columna C-21*

Nota. Se observa que la columna perdió mucho concreto y se aprecia el acero de refuerzo *Fuente.* Fotos tomado con el software RECAP.

4.1.6 Carbonatación

El resultado de este ensayo son las profundidades de concreto carbonatado y se expresará en milímetros. En caso de no aparecer coloración se expresará como “mayor de x milímetros”, indicando la profundidad alcanzada con el ensayo que siempre será superior al doble del espesor de recubrimiento.

Los resultados de profundidades de carbonatación se presentan en resumen en la Tabla 20 para cada muestra extraída. Por otro lado, las fotografías de cada muestra evaluada con la solución de fenolftaleína y la profundidad de carbonatación.

Tabla 20

Resultados de Profundidad de Carbonatación

N°	ID	Profundidad de Carbonatación mm
1	M - 1 C - 21	10,00
2	M - 2 C - 20	7,00
3	M - 3 C - 3	4,00
4	M - 4 C - 17	6,00
5	M - 5 C - 5	5,00
6	M - 6 C - 4	8,00
7	M - 7 C - 27	25,00
8	M - 8 C - C	32,00
9	M - 9 C - 12	45,00

Fuente: Tabla extraída de los ensayos de carbonatación realizados en campo

De los resultados obtenidos se observa en la figura 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46 que casi todos los elementos ensayados tienen poca carbonatación (< 30mm) comparado con el recubrimiento del acero de refuerzo de diseño que tiene un valor de 40 mm. Sin embargo, la muestra de la columna 12 la cual se observa en la figura 41 resulto con una

profundidad de hasta 45 mm, el cual supera el espesor del concreto que protege las barras de refuerzo.

El valor máximo obtenido es un indicador de que algunas de las columnas ya pueden estar en riesgo de sufrir la corrosión de su acero de refuerzo.

Figura 39

Ensayo de Carbonatación en la muestra C-03



Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 4 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 40

Ensayo de Carbonatación en la muestra C-05



Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 5 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 41

Ensayo de Carbonatación en la muestra C-12



Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 45 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 42

Ensayo de Carbonatación en la muestra C-17



Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 6 mm. *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 43

Ensayo de Carbonatación en la muestra C-20



Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 7 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 44*Ensayo de Carbonatación en la muestra C-21*

Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 10 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 45*Ensayo de Carbonatación en la muestra C-27*

Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 25 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

Figura 46*Ensayo de Carbonatación en la muestra C-C*

Nota. Se encontró una profundidad de carbonatación 32 mm *Fuente.* Foto tomada el día del ensayo de carbonatación realizado en situ.

4.2 Descripción de la Estructura

4.2.1 Sistema Estructural

La subestructura del encapsulado de plomo se clasificó como uno o más de los tipos de sistemas estructurales que se definen en el ASCE-41.

1. Pórtico de acero ordinario resistente a momento
2. Pórtico de concreto ordinario resistente a momento
3. Muros estructurales

Debido a que el Encapsulado de Plomo es una estructura mixta, no es fácil determinar un sistema estructural representativo, por lo que se decide realizar la evaluación por separado, es decir, el cálculo estructural de la estructura metálica se realiza en un solo modelo estructural y estas cargas son transmitidas hacia el modelo estructural de los elementos de concreto armado (columnas y muros).

Por lo tanto, el factor de reducción de fuerzas se considera

- $R = 4$ Para la estructura metálica
- $R = 6$ Para la estructura de concreto

4.3 Materiales y sus propiedades

Las propiedades mecánicas de los materiales serán descritas en los siguientes ítems. Sin embargo, cabe mencionar que algunos de los cuales se asumirá de acuerdo con normativa local (E.060) e internacional (ASTM A615 y ACI 318).

4.3.1 Concreto Estructural

Las características mecánicas del concreto estructural se obtuvo in situ, mediante ensayo destructivo de extracción de núcleos de concreto con diamantina y ensayos no destructivos (velocidad de pulso ultrasónico), los valores se observan en la tabla 21.

Tabla 21

Características mecánicas del concreto de reforzamiento, ASTM A615

Características	Valor	Unidad
Resistencia a compresión, f_c	267	Kgf/cm ²
Módulo de elasticidad estático, E_c	248668	Kgf/cm ²
Módulo de Poisson,	0,2	-

Fuente: Tabla extraída de los ensayos UPV y extracción de núcleos realizados en campo

4.3.2 Acero de Refuerzo

El ASTM A615 es la especificación base para el acero de reforzamiento. Es por ello por lo que para este proyecto se adoptará las características mecánicas mencionadas, los valores se observan en la tabla 22.

Tabla 22

Características mecánicas del acero de reforzamiento, ASTM A615

Características	Valor	Unidad
Esfuerzo último, fu	6300	Kgf/cm ²
Esfuerzo de fluencia, fy	4200	Kgf/cm ²
Módulo de elasticidad, Es	2000000	Kgf/cm ²

Fuente: Tabla extraída del RNE E060

4.4 Modelo Matemático para la evaluación

En los siguientes acápites se presenta las condiciones, criterios y herramientas usadas para el modelamiento estructural.

4.4.1 Programas de Cómputo

Para idealizar la estructura del “Encapsulado de Plomo” en un modelo matemático se empleó los softwares SAP2000 y ETABS. Estos son softwares de ingeniería civil que permite modelar, analizar, evaluar y diseñar diferentes sistemas estructurales (estructuras metálicas, estructuras de concreto armado, estructuras mixtas, conexiones y chapas metálicas, entre otros) de geometría simple y compleja.

4.4.2 Supuestos Básicos

La estructura del “Encapsulado de Plomo” se modelará como una estructura tridimensional a través *del software* SAP2000 para lo cual se consideró los siguientes supuestos:

- La estructural del Encapsulado de Plomo es modelada como una estructura tridimensional.
- Los ejes principales de le estructura se consideraron en los centroides de las secciones verticales y horizontales.
- Los ejes X e Y están referidos a los ejes en planta y el eje vertical es el eje Z.
- El eje X está orientado en el sentido longitudinal de la estructura, mientras que el sentido transversal le corresponde al eje Y.

- Las coordenadas espaciales de los nudos en el modelo matemático representan la intersección de las líneas centrales de los elementos estructurales concurrentes.
- Los elementos estructurales de concreto (columnas) son modelados como elementos frame (barras) con su sección correspondiente.
- Los elementos planos como los muros de contención se modelaron como elementos área del tipo shell thin.
- Las condiciones de apoyo en las bases de las columnas se asumen como empotradas (restringiendo todas las traslaciones y rotaciones).
- Las condiciones de apoyo en las bases de los muros se asumen como empotradas (restringiendo todas las traslaciones y rotaciones).
- Las simplificaciones geométricas se realizaron en la medida que no llegue a afectar o cambiar el comportamiento de la estructura.

4.5 Análisis y Combinación de cargas

Este acápite consta de tres secciones importantes. La primera analiza las condiciones de carga actuales que actúan en la estructura del Encapsulado de Plomo. En Segundo lugar, se analizará y establecerá las cargas de norma internacional, ASCE/SEI 7, y nacional, E.020 del RNE. Por último, se mostrará las combinaciones de cargas teniendo en cuenta los códigos ASCE/SEI 7, E020 y E.060.

Las combinaciones de carga se especifican para estándares nacionales e internacional con el objetivo de obtener un resultado que tenga en cuenta los diferentes criterios adoptados por las normas consideradas, puesto que sus factores de mayoración o amplificación difieren notablemente.

4.6 Definición de Cargas sobre la Estructura

4.6.1 Cargas de gravedad

Las cargas gravitacionales se evaluaron según los lineamientos de la norma de Cargas E020, que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para efectos del análisis las masas de los elementos modelados como columnas, muros, tijerales, etc. fueron estimados por el programa SAP2000, mientras que las masas de los demás elementos se estimaron a partir de los siguientes pesos definidos en la tabla 23.

Tabla 23*Cargas en Coberturas*

DESCRIPCIÓN	CARGAS
CARGA MUERTA (CM)	
Peso propio los elementos estructurales	Estimado por el software
Peso de la cobertura (Geomembrana PVC)	4 kg/m ²
Peso de instalaciones (Iluminación y sistema contra incendios)	5 kgf/m ²
CARGA VIVA (CV)	
Carga viva en techo	30 kg/m ² (*)
CARGA DE VIENTO (CW)	
Velocidad de diseño	75 km/hr
CARGA POR EVENTO SÍSMICO (CS)	
Análisis en ambas direcciones	Acápite 8.1.2

Nota. La carga viva es reducida según las especificaciones de la E020. El área tributaria de los tijerales principales es de 443 m², con lo que se obtendría una reducción mayor al 50 %, sin embargo, por las limitaciones de la norma, se considera una reducción del 50 % de la carga viva. *Fuente:* Tabla extraída del análisis del almacén encapsulado de plomo en Perubar.

4.6.2 Cargas Sísmicas

El análisis sísmico de la estructura se realizó según normativa peruana vigente (Diseño Sismorresistente E030-2018), mediante el método Dinámico de Combinación Modal Espectral. A continuación, se describe las consideraciones para las condiciones de suelo, uso de la estructura y características estructurales.

- Factor de Zona Z = 0.45 (Zona 4)
- Factor de Uso U = 1.5 (Estructura esencial A2)
- Uso: Instalaciones industriales de materiales tóxicos
- Factor de Suelo S2 = 1.05 (Suelo intermedio)
- Periodo Tp Tp = 0.6
- Periodo TL TL = 2.0

La estimación de la masa sísmica se calculó en base a lineamiento de la norma de Diseño Sismorresistente E030, Artículo 26. Resultando en un 100% de la Masa de la carga muerta, 50% de la carga viva (Estructura esencial A2).

4.6.3 Cargas en estado de servicio

Este apartado especial se incluye para definir las cargas a las que está sometida la estructura en la actualidad, es decir, durante su operación actual.

Como se observó en las inspecciones y estudios realizados, algunos elementos (columnas) presentan daños severos que resultan en una notable reducción de la sección transversal. Sin embargo, la estructura en general se encuentra estable.

Esto se da debido a que las condiciones de carga actuales no llegan a las condiciones de carga de diseño, las cargas actuantes representan un pequeño porcentaje de las cargas normativa, no obstante, aun cuando la estructura se encuentre estable, es necesario verificar que esta cumple con las cargas de diseño, puesto que la normativa nacional e internacional considera los eventos extremos que, si bien no suele darse durante la operación, existe la probabilidad de su ocurrencia.

4.7 Combinación de cargas

El diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD), por consiguiente, se tendrá que realizar combinaciones de carga de acuerdo con las estipulaciones en ASCE/SEI 7, ACI 318 y E.060.

4.7.1 Normativa Nacional

La combinación de carga para el concreto se realizará de acuerdo con el Capítulo 9 del RNE E.060, las combinaciones se definen en la tabla 24.

Tabla 24

Combinación de carga para la resistencia requerida RNE

N°	Combinaciones de Carga
1	1,4D + 1.7L
2	1,25(D + L) + Ex
3	1,25(D + L) - Ex
4	1,25(D + L) + Ey
5	1,25(D + L) - Ey
6	0,9D + 1,0Ex
7	0,9D - 1,0Ex
8	0,9D + 1,0Ey
9	0,9D - 1,0Ey

Fuente: Tabla extraída del RNE E060

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

W: Carga de Viento

E: Carga de Sismo

4.7.2 Normativa Internacional

Las normas internacionales como el ACI 318 adoptan las combinaciones básicas del estándar ASCE/SEI 7, las combinaciones se definen en la tabla 25.

Tabla 25

Combinación de carga normas Internacionales

N°	Combinaciones de Carga
1	1,4D
2	1,2D + 1,6L + 0,5(Lr or S or R)
3	1,2D + 1,6(Lr or S or R) + (L or 0,5W)
4	1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr or S or R)
5	1,2D + 1,0E + L + 0,2S
6	0,9D + 1,0W
7	0,9D + 1,0E

Fuente: Tabla extraída del RNE E060

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

Lr: Carga Viva de Techo

S: Carga de Nieve

R: Carga de Lluvia

W: Carga de Viento

E: Carga de Sismo

4.8 Criterios de evaluación estructural

Los criterios de evaluación estructurales adoptados para el presente informe están en concordancia con el RNE E.030 y las normas norteamericanas ASCE/SEI 41, FEMA P-420 y ACI 562.

La reducción del riesgo sísmico se basa en el cumplimiento de un desempeño sísmico objetivo en una estructura en general, estos requerimientos pueden ser cumplidos con la rehabilitación de una estructura mediante una sola intervención o a través de sucesivas intervenciones. En la figura 47 se observa el primer método el cual involucra altos costos y paralización de las actividades habituales dentro de las instalaciones. El segundo método es una rehabilitación incremental donde en cada intervención se requiere bajos costos y la continuación de las actividades habituales en las instalaciones. Las opciones presentadas se muestran en la Figura 9.1 (FEMA P420, 2009).

Figura 47

Opciones para la reducción del riesgo sísmico



Fuente. Imagen extraída de FEMA P420,2009

4.8.1 Disposiciones Generales

De acuerdo con ASCE 41 (2013), en la etapa de inspección, antes de la evaluación con el Nivel 1 se debe conocer conceptos importantes que definen las características generales de la estructura, estos son el Desempeño objetivo, Peligro sísmico y Nivel de Sismicidad, Información As-Built y restricciones que condicionan el uso de dicho nivel. Análogamente, para la evaluación de la estructura con la metodología del RNE E.030

se debe conocer previamente el peligro sísmico, categoría o parámetros de la estructural, sistema estructural e irregularidades asociadas a la estructura.

4.8.1.1 Desempeño Objetivo

De acuerdo con FEMA P420 (2009) y ASCE 41 (2013) el comportamiento de una estructura se expresa de manera discreta definido por los Niveles de Desempeño, los cuales se agrupan en 4 categorías: Operacional, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención de Colapso, tal como se muestra en la Tabla 26.

A continuación, se describe el daño esperado a escala general en los componentes estructurales de acuerdo con Desempeño Objetivo seleccionado.

Tabla 26

Control de daño y nivel de comportamiento de la estructura

	Prevención de Colapso	Seguridad de Vida	Ocupación Inmediata	Operacional
Daño general	Severo	Moderado	Ligero	Muy ligero
Componentes estructurales	Poca rigidez y resistencia residual para resistir cargas laterales, pero se encuentran en función las columnas y muros que soportan las cargas de gravedad. Grandes derivas permanentes. Algunas salidas bloqueadas. La edificación está cerca del colapso frente a replicas y no debe continuar siendo ocupado.	Algunas resistencias y rigideces residuales están presente en todos los pisos. Funcionan los elementos que soportan las cargas de gravedad. No hay fallas fuera del plano de los muros. Algunas derivas permanentes. Daño por secciones. No se permite la ocupación hasta realizar la reparación. La edificación puede no ser económica de reparar.	Derivas no permanentes. La estructura retiene sustancialmente la rigidez y resistencia original. Es muy probables que se permita la ocupación de la estructura. Algunas fisuras en las fachadas, particiones, techos y en elementos estructurales.	Derivas no permanentes. La estructura retiene sustancialmente su rigidez y resistencia original. Fisuras mínimas de fachadas, particiones techos y en elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para una normal operación están funcionales. La ocupación y uso de la estructura es bastante probable.

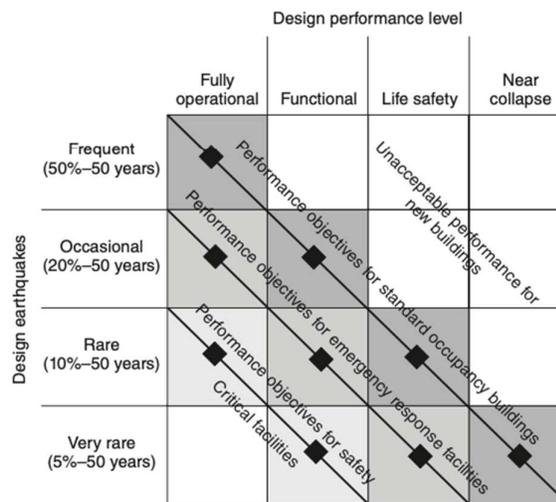
Fuente: Extraído ASCE 41, 2013

Para establecer el Desempeño Objetivo que regirá los criterios de evaluación y reforzamiento estructural del proyecto es necesario establecer el nivel de peligro sísmico del lugar y el tipo de estructura. El primero considera el periodo de retorno en años del sismo de diseño y el segundo hace referencia a la importancia de la estructura. De acuerdo con SEAOC (1995) la relación entre estas variables se muestra en la Figura 48.

De acuerdo con las características del presente proyecto se conoce que el sismo de diseño que rige la normativa vigente del país es 475 años de Periodo de Retorno (RNE E030, 2018), además, se considera a la estructura “Encapsulado de Plomo” dentro del rango de estructura o instalación crítica. Basado en lo anterior el Desempeño Objetivo del proyecto sería el de Funcional.

Figura 48

Opciones para la reducción del riesgo sísmico



Fuente. Imagen extraída de SEAOC, 1995

4.8.1.2 Peligro Sísmico y Nivel de Sismicidad

El Peligro Sísmico es influenciado por la ubicación de la estructura, las características geológicas y geotécnicas de la región y del sitio en específico. En el acápite 4.4 Condiciones Sísmicas del presente informe se presentó la zonificación sísmica del lugar en estudio.

4.8.1.3 Información As-Built

La recopilación de información As-Built puede estar dado por planos de construcción, especificaciones u otra documentación existente de la edificación. Con esto se conocerá el tipo de la estructura, configuración estructural, propiedades geométricas y mecánicas del material, información de la cimentación y características generales de las edificaciones adyacentes que tengan influencia estructural con la estructura en estudio.

Por otro lado, las consideraciones para la determinación de las propiedades de los materiales presentes en la estructura se detallaron en el Capítulo 6 del presente informe. También, las consideraciones para la determinación de las características de sitio se detallaron en el Capítulo 4 del presente documento.

4.8.1.4 Tipo de Edificación y Altura

En el código ASCE 41 (2013) se establecen límites para la aplicación del Nivel 1 del proceso de inspección estructural, en base a esto se determina que las estructuras que pueden ser analizadas con este nivel son aquellas que cumplen lo siguiente:

- El Nivel de desempeño estructural establecido para el análisis debe ser Funcional, Control de daños o Seguridad de vida.
- Estructuras conformadas por un tipo de sistema de edificación catalogado como “común” y definido en ASCE 41 (2013).
- Edificaciones conformadas por más de un sistema de edificación común. La combinación de estos sistemas resistentes a fuerzas sísmicas puede presentarse en diferentes direcciones (los sistemas de cada dirección deben ser de tipo común) o en la misma dirección principal (horizontal o vertical). Respecto a la combinación en un eje horizontal se debe cumplir principalmente con diafragmas flexibles en todos los pisos y la altura máxima establecida para tipo de edificación común. Para la combinación en un eje vertical se debe cumplir que cada piso sea un tipo de sistema estructural común y que no sobrepase la altura máxima establecida para los sistemas estructurales (ASCE 41, 2013).
- Los límites de altura máximo permitido para el análisis se establecen en función del sistema estructural. Para estructuras de pórtico de acero resistente a momentos y para Pórticos de acero con arriostres el límite de pisos es 8, y para Albañilería no reforzada con muros de carga el límite de pisos es 4.

El proyecto en estudio tiene un desempeño sísmico objetivo de Funcional, está conformado por más de un sistema estructural común en la dirección vertical. En base

a lo mencionado se determina que la edificación cumple con todos los requerimientos para la aplicación del Nivel 1 en la etapa de evaluación sísmica.

Por otro lado, el RNE E.030 (2018) categoriza a las edificaciones de acuerdo con su importancia y les asigna un factor “U”, el cual influye en el posterior análisis sísmico, los factores se definen en la tabla 27.

Tabla 27

Control de daño y nivel de comportamiento de la estructura

Categoría	Factor U
Edificaciones Esenciales	1,5
Edificaciones Importantes	1,3
Edificaciones Comunes	1,0
Edificaciones Temporales	Ver RNE E.030

Fuente: Tabla extraída del RNE E030

4.8.2 Criterios de Evaluación

El procedimiento de evaluación estructural para el presente proyecto está en concordancia con el código ASCE/SEI 41 (2013) y el RNE E.030 (2018). El primer código rige los procedimientos de inspección estructural, mientras que el segundo código plantea los lineamientos para la evaluación y posible reforzamiento de la estructura. Los criterios de evaluación con ambas metodologías se sustentan en los párrafos siguientes.

4.8.2.1 Procedimiento de Evaluación (RNE E.030)

Para realizar un análisis estructural de una estructura en uso siguiendo los lineamientos del RNE E.030 se necesita conocer previamente los parámetros de peligro sísmico del lugar, las condiciones geotécnicas y la caracterización de la edificación en estudio. Este procedimiento de evaluación puede ser abordado en 4 etapas, las cuales se describen brevemente en los párrafos siguientes.

En la etapa 1 para identificar el Peligro Sísmico es necesario conocer el lugar y las características del terreno de fundación, del cual se obtiene el Factor de zona Z, el parámetro de suelo S y el Factor de amplificación sísmica C.

En la etapa 2 de Caracterización de la estructura es necesario conocer las características del sistema estructural y su importancia, obteniendo de esta manera el

Factor “U”, el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas R_0 , factores de irregularidad I_a , I_p y el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica R .

En la etapa 3 de Análisis estructural se procede a realizar un modelado estructural, para ello es necesario estimar de acuerdo con norma el peso actuante de la estructura. Para el procedimiento de análisis sísmico el RNE E.030 propone el análisis estático y análisis dinámico modal espectral. En el presente informe se procederá al análisis utilizando el segundo método, sin embargo, el análisis estático servirá de parámetro para cumplir con las fuerzas cortantes mínimas en la base. Para cumplir con los parámetros de este método primero se debe determinar los modos de vibración, los cuales deben superar el 90% de la masa participativa total y utilizar como mínimo los tres primeros modos predominantes. Posteriormente se calcula la aceleración espectral para cada una de las direcciones horizontales. De la misma manera, se procede al cálculo de la respuesta máxima esperada considerando el efecto conjunto de los modos obtenidos. Por último, se calculan las fuerzas cortantes en la base y se considera una excentricidad en el centro de masa.

En la etapa 4 para la Validación de la estructura se determina si la estructura presenta un comportamiento adecuado ante los sismos de acuerdo con los requisitos de regularidad, rigidez y resistencia presentados en la norma. Para ello, una vez obtenido los resultados del análisis estructural se procede a verificar las irregularidades de altura y planta. En esta etapa se verifican los desplazamientos laterales, distorsiones de entrepiso y separación mínima entre estructuras.

4.8.3 Criterios de aceptabilidad

4.8.3.1 Condición Global

En estructura similares a la del presente proyecto, es decir, estructuras de techos ligeros, usualmente no es necesario realizar verificaciones globales (derivas, rigidez lateral, etc.), puesto que las mayores acciones no provienen de las fuerzas sísmicas, si no de las cargas gravitacionales y de viento.

Por lo expuesto, además de no encontrarse definido en el alcance, no se realiza la verificación de rigidez lateral y derivas de la estructura.

4.8.3.2 Condición Local

En el acápite anterior se especificó que la verificación de la condición global de la estructura no sería verificada, sin embargo, la condición local si se analizara.

La evaluación local consta de la verificación de que los elementos resistan a las demandas de cargas gravitacionales, de viento e incluso sísmicas. En cada elemento analizado se debe cumplir que las condiciones demandadas sean menores a las capacidades resistentes del mismo.

Para el presente proyecto los principales elementos que deben ser verificados son las columnas que soportan los arcos metálicos de la cobertura. Si algunos de estos elementos no cumplen con el análisis local entonces debe ser intervenido con el objetivo de mejorar ya sea una o todas las siguientes características: conexiones con otros elementos, resistencia del elemento y capacidad de deformación del elemento.

4.9 Caso 1: Evaluación en estado actual en servicio

El primer caso para evaluar es la condición actual de operación, es decir, la estructura actual sometida a cargas en servicio. Las acciones consideradas sobre la estructura solo son cargas gravitacionales (cargas vivas y muertas).

Como se espera, la evaluación local de elementos resultara en una condición de ratios de demanda/capacidad menores a la unidad.

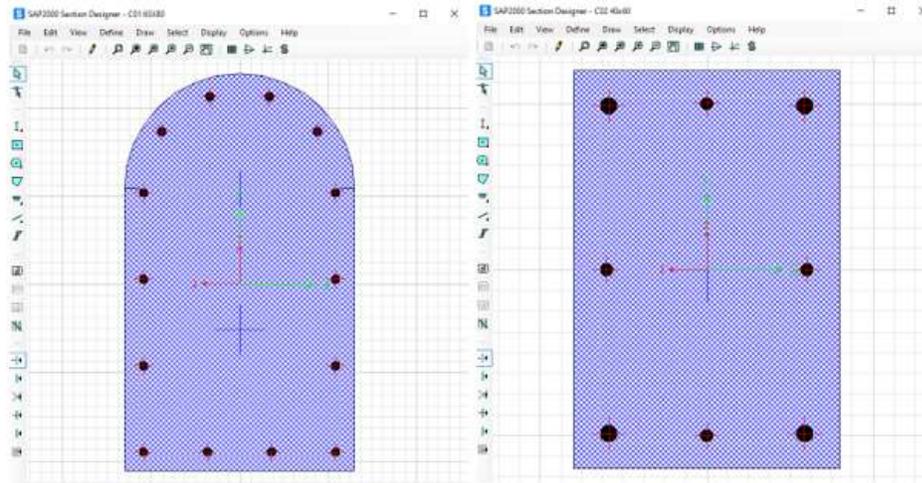
4.9.1 Modelo Estructural

El modelado estructural de los elementos de concreto armado del Encapsulado de plomo se realizó siguiendo las indicaciones dadas en la sección 7.

Las secciones de las columnas principal y secundarios se modelaron con la distribución de acero de refuerzo dados en los planos de diseño, estos se pueden observar en la Figura 49.

Figura 49

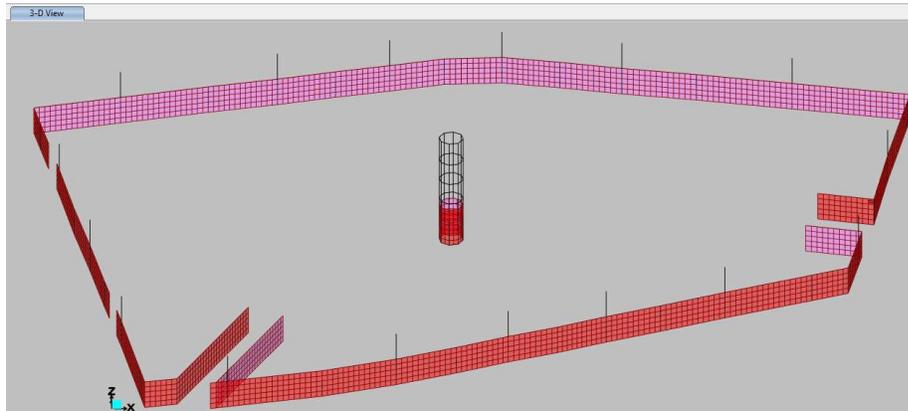
Modelado de las Secciones de las Columnas Típicas del Encapsulado



Nota. El modelo matemático elaborado para la evaluación del CASO 1 también será aplicado para el CASO 2, con la diferencia que se aplicaran diferentes combinaciones de carga. El modelo matemático se muestra en la Figura 50, mientras que en la Figura 51 se muestra la aplicación típica de cargas en la parte superior de las columnas. Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

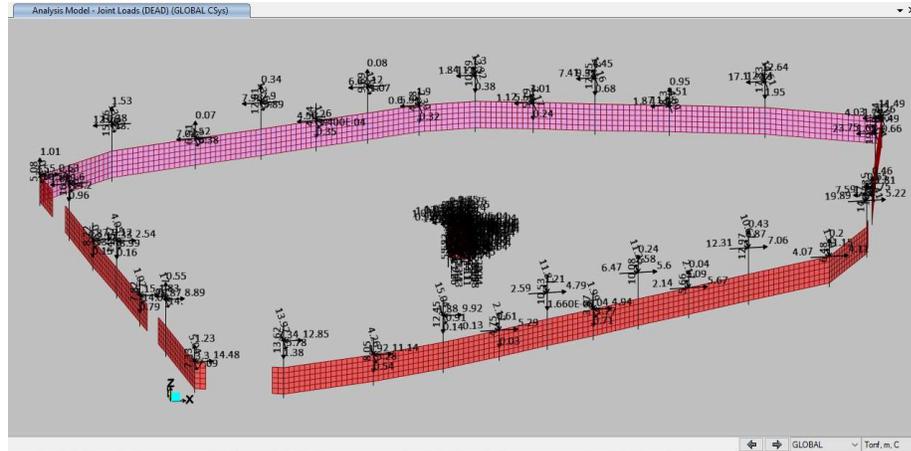
Figura 50

Vista Tridimensional del Modelo Matemático de la Estructura



Nota. Vista 3D Alámbrico Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Figura 51
Aplicación de Cargas sobre las columnas



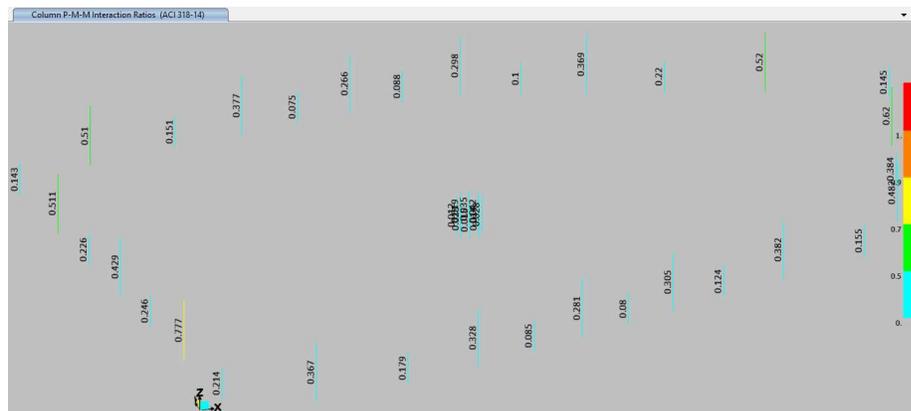
Nota. Vista 3D Alámbrico con cargas aplicadas en las columnas. Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000

4.9.2 Evaluación de ratios de demanda/capacidad

Debido a que es una condición especial de evaluación, solo se considera una combinación de carga, en la que contribuye a las acciones la carga viva y la carga muerta.

El resultado, como era esperado, muestra que todos los elementos son capaces de asumir las demandas dadas durante la operación del Encapsulado de Plomo Figura 52.

Figura 52
Ratios de Demanda/Capacidad para el CASO 1



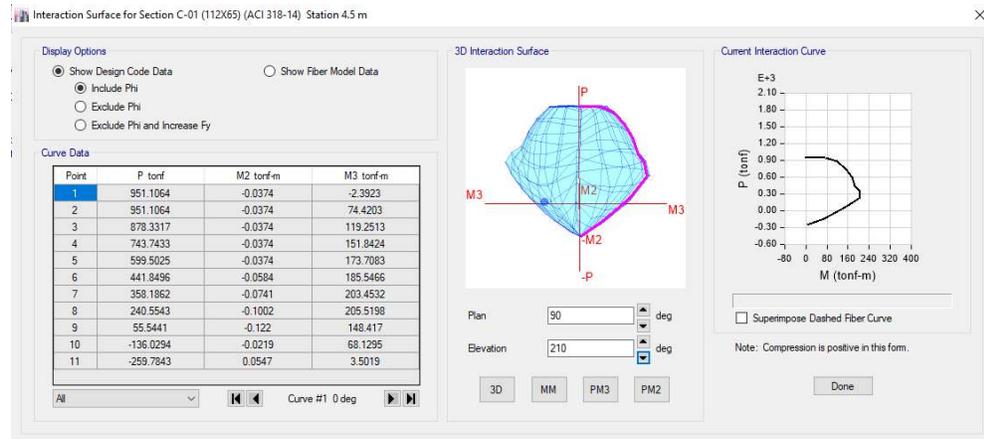
Nota. Vista demanda – capacidad al correr el programa. Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000

Por otro lado, en los resultados se puede observar que, de todos los elementos, existe uno con un mayor ratio, el cual se puede considerar como más crítico. Haciendo una evaluación solo a ese elemento, en la Figura 53 se puede observar donde se ubica la combinación de carga dentro del diagrama de interacción de la columna.

De este resultado en particular es posible observar que la combinación se encuentra muy debajo en toda la superficie del diagrama de interacción, esto debido a que las cargas axiales son muy bajas, sin embargo, las cargas horizontales son elevadas y causan momentos flectores también elevados.

Figura 53

Evaluación del elemento más crítico del CASO 1



Nota. Diagrama de Interacción, se observa que la combinación se encuentra debajo en toda la superficie del diagrama de interacción. Fuente. Imagen extraída del software ETABS

4.10 Caso 2: Evaluación en estado actual en evento extremo

Para esta condición las acciones consideradas sobre la estructura son cargas gravitacionales (cargas vivas y muertas) y cargas de evento extremos, además se aplicara las combinaciones de carga con los factores de mayoración dados en la Tabla 24 y la Tabla 25.

4.10.1 Modelo Estructural

El modelo estructural empleado es similar al elaborado para la evaluación del CASO 1.

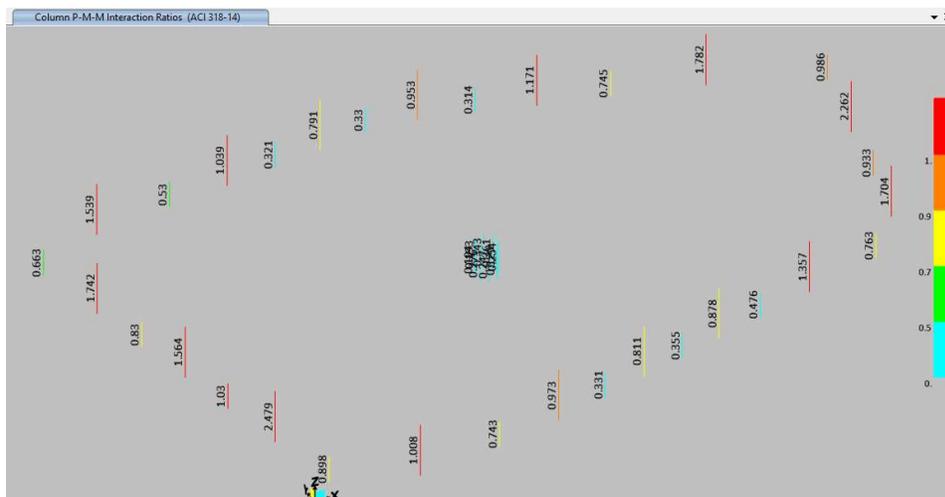
4.10.2 Evaluación de Ratios de Demanda/Capacidad

Los resultados obtenidos en la evaluación del caso 2 no fueron los previstos, los ratios de demanda/capacidad superan la unidad en gran medida, llegando a obtener un valor máximo de 2,47 como se observa en la figura 54. Estos valores de ratios resultan preocupantes, ya que a diferencia del CASO 1, se tiene muchos elementos (columnas principales en su mayoría) que están en condición de falla ante un evento extremos. También es necesario remarcar que las columnas secundarias, en su mayoría, cumplen con la resistencia a la demanda de carga, obteniendo un valor máximo de 1,73, el cual es un caso aislado a comparación de las demás columnas secundarios.

Por otro lado, es posible notar que el elemento más crítico en esta evaluación también lo fue en el CASO 1, por lo que se le volverá a analizar y ver la ubicación de las combinaciones de carga en el volumen del diagrama de interacción Figura 55.

Figura 54

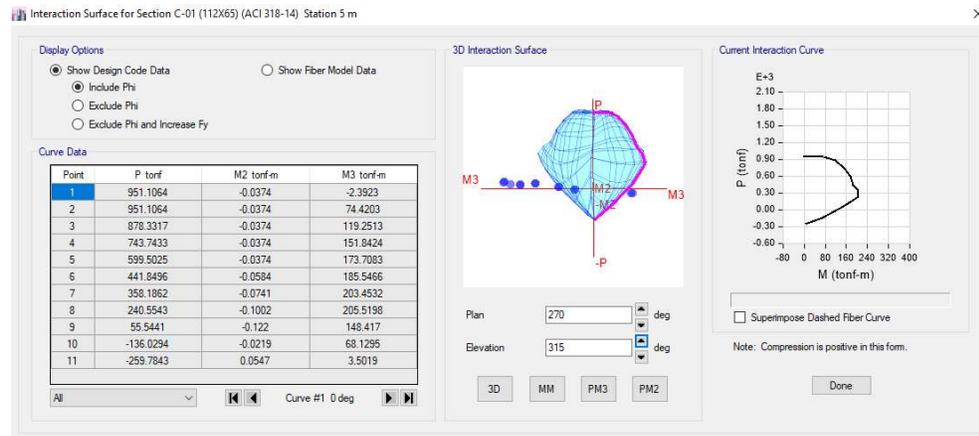
Ratios de Demanda/Capacidad para el CASO 2



Nota. Vista demanda – capacidad al correr el programa Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Figura 55

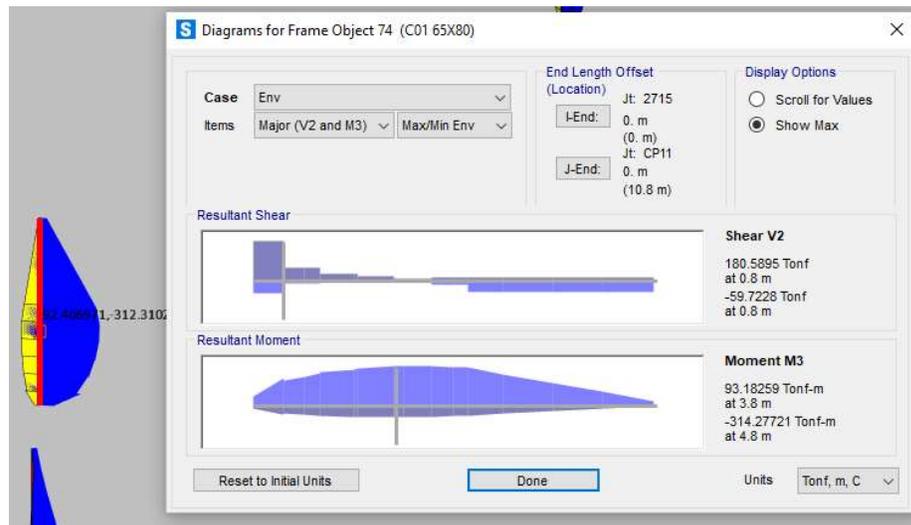
Evaluación de la Columna más Crítica y su Diagrama de Interacción



Nota. Diagrama de Interacción Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Figura 56

Envolvente de Momentos en la columna más crítica



Nota. Presentan una tendencia a encontrarse en la parte inferior del diagrama de interacción. Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Analizando los resultados de la evaluación de la columna más crítica, es posible observar que las combinaciones de carga tienen un comportamiento similar al del CASO 1, es decir, presentan una tendencia a encontrarse en la parte inferior del diagrama de interacción, además de tener valores grandes de momentos flectores. Este comportamiento se da debido a que la estructura tiene un peso ligero, sin embargo, las

cargas de empuje lateral de la cobertura metálica en la parte superior de las columnas son elevadas, lo que genera que en las combinaciones de carga se obtengan puntos con cargas axiales bajas y momentos flectores grandes.

Por otro lado, algo resaltante es que los mayores momentos flectores se dan casi a la mitad de la altura (a 4,80m aproximadamente, con $h=10$ m de la columna), apreciada en la Figura 56. Lo que conlleva a suponer que el muro de contención ($h=5.00$ m) funciona como elementos de arriostre, haciendo que las cargas se distribuyan en un área mucho mayor que la columna, por eso la reducción de los momentos flectores como se muestran en la Figura 56. Un comportamiento similar se tiene en las columnas secundarias, las cuales tiene la misma altura que los muros de contención.

4.10.3 Conclusiones del caso 2

De la evolución de la condición del CASO 2 se puede dar las siguientes conclusiones.

- Se obtuvo que algunos elementos son superados por la demanda de carga hasta casi por 3 veces su resistencia.
- Los elementos que tiene mayores ratios de capacidad/demanda son las columnas principales, esto debido a que cuentan con mayor altura que funciona como brazo de palanca para las cargas horizontales.
- Los elementos con menores ratios son las columnas secundarias, a causa de que se encuentran casi monolíticas con los muros de contención, los cuales sirven de apoyo para disipar o distribuir las acciones sobre las columnas.
- Los muros estructurales también aportan a la resistencia de las cargas a las columnas principales, reduciendo los momentos flectores desde al interfaz donde se unen el muro y la columna.
- Muchas de las combinaciones de cargas se encuentran fuera del diagrama de interacción debido a la baja carga axial.
- Las acciones que generan las fallas son los momentos flectores en el eje fuerte de las columnas que son causados por las fuerzas de empuje de la cobertura en la parte superior de la columna.
- El caso de carga que genera mayores fuerzas en los elementos es el viento.

4.10.4 Recomendaciones del caso 2

Las siguientes recomendaciones se dan de acuerdo con los resultados obtenidos y las conclusiones dadas.

- Se recomienda tomar acciones de intervención inmediata, tanto de reparación de los elementos dañados, así como el reforzamiento de las columnas existentes (CASO 3).
- La propuesta de reforzamiento debe estar orientada hacia el aumento de la capacidad a flexión de los elementos de las columnas.
- El reforzamiento debe aprovechar el aporte estructural de los muros de contención en la parte inferior, en la que se puede aplicar un aumento de sección con la adición de acero de refuerzo y la protección con una plancha metálica (para evitar el desgaste mecánico).
- La parte superior de las columnas principales debe continuar con el aumento de la sección con aceros de refuerzo, sin embargo, ya no es necesario aplicar el recubrimiento con planchas metálicas.
- Para las columnas secundarias, se recomienda aplicar el reforzamiento mediante el ensanche de sección, la adición de acero de refuerzo y mejorar el monolitismo con los muros de contención.
- Se recomienda emplear propuestas de reforzamiento según los ratios de demanda/capacidad discretizados en rangos, de esa forma se evita sobredimensionar todos los elementos.

4.11 Caso 3: Evaluación con reparación y reforzamiento propuesto

La evaluación del CASO 3 es el más importante que los anteriores, debido que aquí se le brinda una solución al problema encontrado en las evaluaciones anteriores.

El reforzamiento propuesto para los elementos de concreto armado se basan en las recomendaciones dadas en la evaluación del CASO 2 y la lectura de bibliografía.

Para iniciar con la propuesta de reforzamiento, antes es necesario tomar en cuenta la verificación de la geometría y las deformaciones de las columnas. En este informe se presentó las variaciones porcentuales de la disminución de la sección de las columnas estudiadas. Para este caso se analiza las secciones en las columnas con mayor daño, tanto para las columnas principales y para las secundarias.

La columna principal que presenta mayores daños es la C-21 (elemento crítico según valuación del CASO 2), esta tiene una sección a 1,00 m de altura con una disminución de su sección en un 9,72 %, con el daño concentrado en la parte semicircular de la columna. Esta reducción de su sección en columna y la sección más

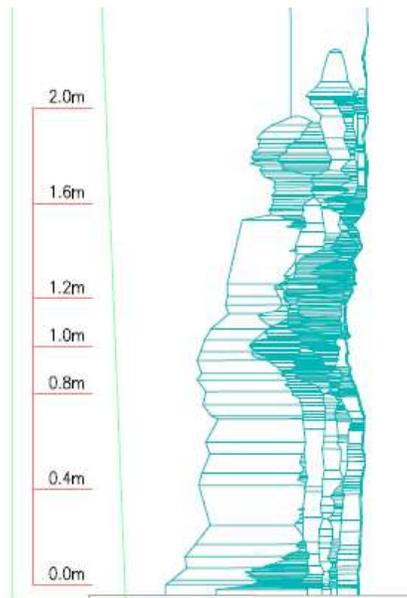
crítica se presenta en la Figura 57 y la Figura 58, respectivamente. Para tener en cuenta dicha reducción de la sección, no se considera el aporte estructural de la parte semicircular de concreto y las 2 varillas longitudinal en la parte delantera (presenta daños y su aporte a la resistencia es cuestionable), dicha consideración se muestra en la sección reforzada RCP01.

Con respecto a la columna secundaria con mayor daño, se determinó que es la C-20 (elemento crítico según valuación del CASO 2). Esta columna es una de las que mayor superficie dañada presenta, su sección más crítica, es decir, la que sufrió mayor desgaste, se encuentra a una cota de 0.15m del suelo. El porcentaje de sección reducida respecto a la inicial es de 14,50 %. Estos resultados se pueden revisar en la Figura 59 y la Figura 60.

Para tener en cuenta la reducción de la sección en esta columna, se realiza el mismo método de la columna principal, es decir no se considera el aporte estructural del concreto en una sección de 0,10 y de las 3 varillas de refuerzo frontales, quedando finamente una columna de sección 40x50 cm que se presenta en la sección reforzada de la Figura 60.

Figura 57

Columna principal con más daño



Nota. La columna principal que presenta mayores daños es la C-21 (elemento crítico según valuación del CASO 2), esta tiene una

sección a 1,00 m de altura con una disminución de su sección en un 9,72 %. *Fuente.* Imagen extraída del software Autocad.

Figura 58

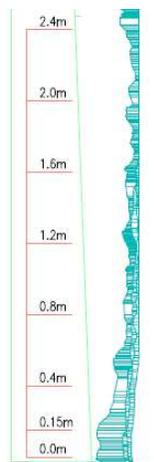
Sección más crítica de la columna principal con mayores daños



Nota. Esta tiene una sección a 1,00m de altura con una disminución de su sección en un 9,72 %. *Fuente.* Imagen extraída del software Autocad

Figura 59

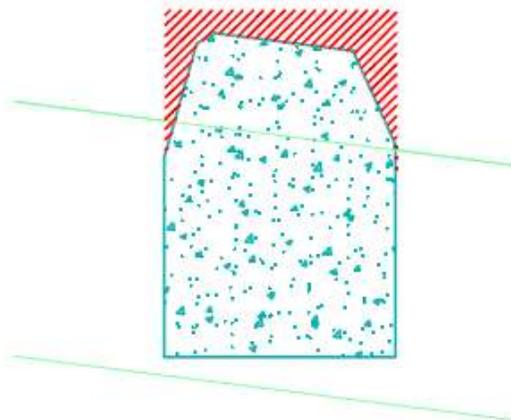
Columna Secundaria con mayor daño



Nota. La columna secundaria con mayor daño, se determinó que es la C-20. *Fuente.* Imagen extraída del software Autocad

Figura 60

Sección más crítica de la columna secundaria con mayor daño



Nota El porcentaje de sección reducida respecto a la inicial es de 14,50%. Fuente. Imagen extraída del software Autocad

Terminado la evaluación de las deformaciones y habiendo tomado en cuenta las secciones más críticas de las columnas más dañadas. A continuación, se procede a categorizar a las columnas según la necesidad de reforzamiento que solicite. El criterio de clasificación será los ratios de demanda/capacidad obtenidos en la evaluación del CASO 2, para las columnas principales se determina 4 categorías de reforzamiento y para las secundarias se presenta 2 categorías, estas se resumen en la Tabla 28.

Tabla 28

Categoría de Secciones Reforzadas y Columnas Correspondientes

SECCIONES REFORZADAS	CARACTERÍSTICA	COLUMNAS
Sección reforzada 01 de Columna Principal (RCP01)	Ratio mayor a 2,00	C-03 y C-21
Sección reforzada 02 de Columna Principal (RCP02)	Ratio entre 1,50 y 2,00	C-01, C-05, C-15, C-17 y C-19
Sección reforzada 03 de Columna Principal (RCP03)	Ratio entre 1,00 y 1,50	C-07, C-13, C-23 y C-31
Secciones sin reforzar de Columna Principal	Ratios menores a 1,00	C-09, C-11, C25, C27 y C29
Sección reforzada 01 de Columna Secundaria (RCS01)	Ratio entre 1,00 y 1,50	C-20

Secciones sin reforzar de Columnas Secundarias	Ratios menores a 1,00	C-02, C-04, C-06, C-08, C-10, C-12, C-14, C-16, C-18, C-22, C-24, C-26, C-28, C-30 Y C-32
------------------------------------------------	-----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Tabla extraída del análisis del almacén encapsulado de plomo en Perubar.

4.11.1 Propuesta de Reforzamiento

Para el análisis estructural y la evaluación de los elementos estructurales se empleó el modelo matemático elaborado para el CASO 1, sin embargo, las secciones de las columnas se cambian con las secciones reforzadas que se proponen a continuación (Figura 61 hasta la Figura 64).

4.11.1.1 Materiales Para el Reforzamiento

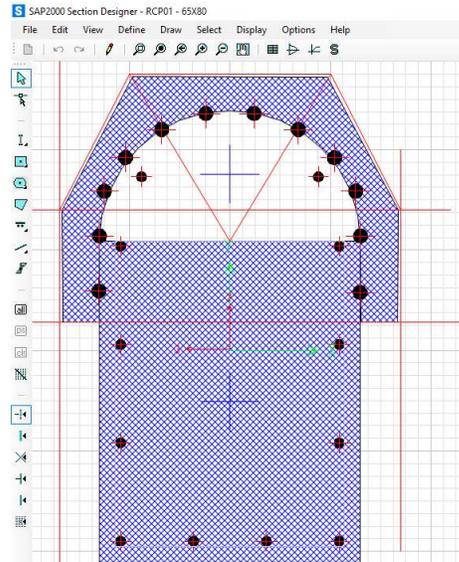
Los materiales empleados para las secciones reforzadas deberán cumplir las siguientes especificaciones.

Concreto con $f' = 280 \text{ kg/cm}^2$

Acero con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

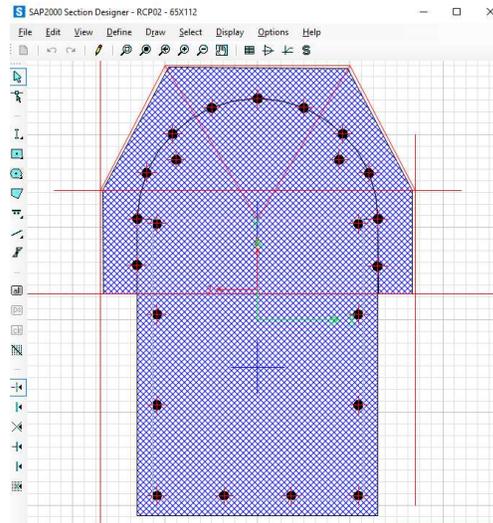
4.11.1.2 Secciones Reforzadas de Columnas Principales

Para la sección reforzada de columna principal RCP01 se propone un reforzamiento teniendo en cuenta las consideraciones discutidas anteriormente como se observa en la figura 57. Este reforzamiento al ser para las columnas con mayores cargas fue necesario la implementación de varillas de 1 3/8" de diámetro con un ensanche de la columna. En total se emplearon 12 varillas de 1 3/8.

Figura 61**Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP01)**

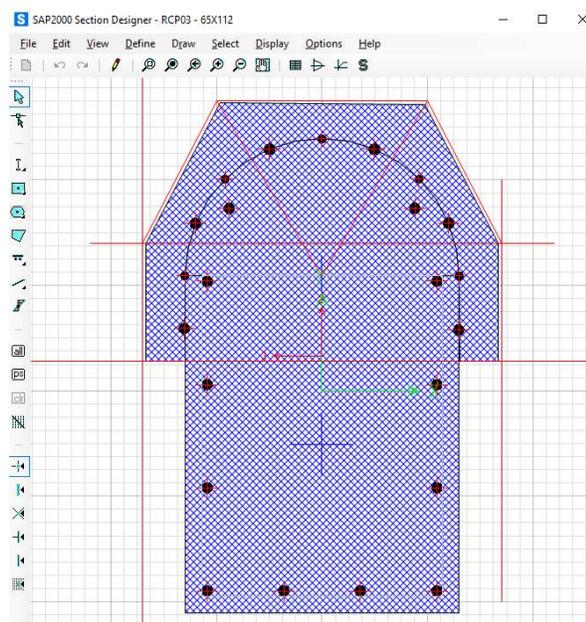
Nota Ensanche de columna se aumentarán 12 varillas de 1 3/8". Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Para la sección reforzada de columna principal RCP02 se propone un reforzamiento que considera la sección completa de la columna como se observa en la figura 58, esto es posible ya que antes de realizar las actividades de reforzamiento se aplicará estrategias de reparación. Para esta propuesta solo se empleó 11 varillas de 1" de diámetro en la sección ampliada.

Figura 62**Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP02)**

Nota Ensanche de columna se aumentarán 11 varillas de 1". Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

En caso del reforzamiento RCP03 de la columna principal, se plantea de forma similar al reforzamiento 02, con la diferencia que los aceros de refuerzo añadido se intercalan entre 1" y 3/4" de diámetro.

Figura 63**Sección Reforzada para Columnas Principales (RCP03)**

Nota Ensanche de columna se aumentarán 11 varillas de 1 3/4". Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

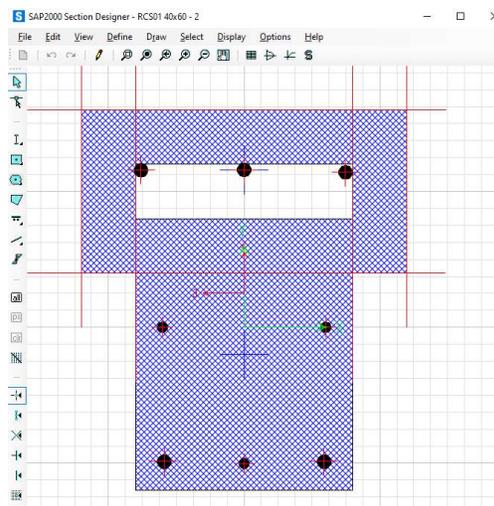
El detalle de las secciones propuestas de reforzamiento para cada columna se presenta en los planos que estarán en los anexos.

4.11.1.3 Secciones Reforzadas de Columnas Secundarias

Las propuestas de reforzamiento para las columnas secundarias tienen una distribución similar. Para la sección RCP01 se elimina el concreto del cual no se considerará su aporte a la resistencia nominal de la sección, además se añade 3 varillas de refuerzo de 1" en la parte frontal tal como se observa en la figura 64.

Figura 64

Sección Reforzada para Columnas Secundarias (RCS01)



Nota Ensanche de columna se aumentarán 3 varillas de 1". Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

El detalle de las secciones propuestas de reforzamiento para cada columna se presenta en los planos ver anexos.

4.11.1.4 Modelo Matemático Reforzado

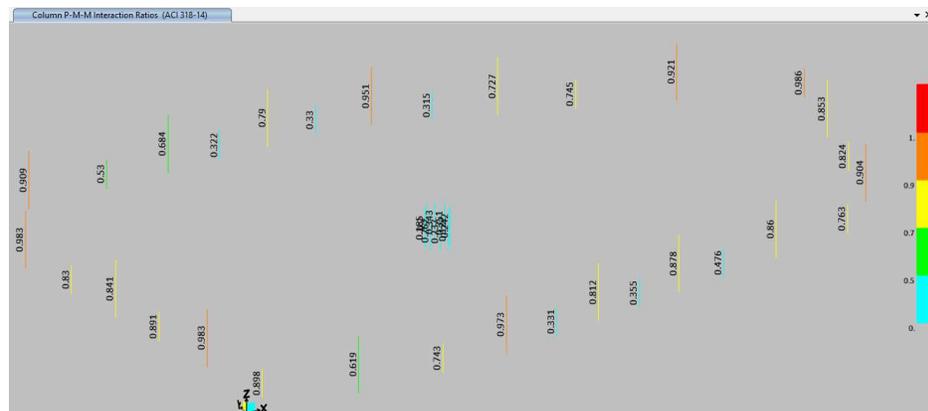
El modelo matemático es el mismo que se elabora para la evaluación del CASO 1. La propuesta de reforzamiento se asigna a cada columna según corresponda.

4.11.2 Evaluación de Ratios de Demanda/Capacidad

El análisis estructural y la evaluación de los elementos de concreto armado reforzados se realiza con las mismas condiciones de carga y combinaciones de carga que el CASO 2. Los resultados de los ratios de demanda/capacidad se presenta en la Figura 65.

Figura 65

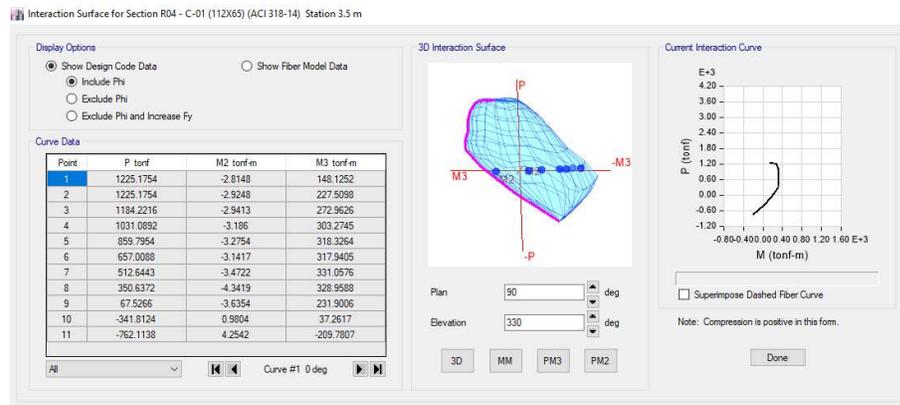
Ratios de Demanda/Capacidad para el CASO 3



Nota Los ratios obtenidos para las columnas reforzadas con las propuestas son muy favorables, puesto que todos los elementos tienen valores menores a la unidad, con lo que se puede dar por verificada que las propuestas si cumplen con añadir la resistencia necesaria de los elementos para asumir las demandas de cargas. *Fuente.* Imagen extraída del software SAP 2000.

Para verificar que las combinaciones de carga se encuentren dentro del diagrama de interacción, se evalúa la columna con mayor ratio obtenido en el CASO 2. Esta verificación corresponde a la columna 21, la cual presenta todas las combinaciones de carga dentro del diagrama de interacción como se muestra en la Figura 66.

Figura 66
Evaluación de la Columnas más Crítica



Nota Las combinaciones de carga están dentro del Diagrama de interacción
Fuente. Imagen extraída del software SAP 2000.

Por último, en función a los ratios obtenidos en la evaluación del CASO 2, se calcula las altura necesarias de reforzamiento para cada sección propuesta. Estas alturas se obtienen de las condiciones más críticas, es decir, donde la columna existente es capaz de resistir las cargas por sí misma. A continuación la tabla 29 donde se definen la secciones reforzadas para cada tipo de columna.

Tabla 29
Alturas de Reforzamiento según la sección

SECCIONES REFORZADAS	ALTURA (m)	COLUMNAS
(RCP01)	8,50	C-21 y C-03
(RCP02)	7,50	C-01, C-05, C-15, C-17 y C-19
(RCP03)	7,00	C-07, C-13, C-23 y C-31
Secciones sin reforzar de Columna Principal	Solo protección 2,40 m	C-09, C-11, C25, C27 y C29
(RCS01)	5,00	C-02
Secciones sin reforzar de Columnas Secundarias	Solo protección 2,40 m	C-02, C-04, C-06, C-08, C-10, C-12, C-14, C-16, C-18, C-22, C-24, C-26, C-28, C-30 Y C-32

Fuente: Tabla extraída del análisis del almacén encapsulado de plomo en Perubar

4.11.3 Conclusiones del caso 3

Habiendo efectuado los cálculos de evaluación del reforzamiento propuesto para las columnas principales y secundarias y haber verificado su funcionalidad se puede dar las siguientes conclusiones.

- La clasificación de columnas en función a ratios de demanda/capacidad discretizados ayudo a conseguir ratios entre 0,8 y 0,95, evitando que se sobredimensione muchas columnas en caso de uniformizar una sola propuesta.
- El reforzamiento solo se aplica las columnas que presentaron ratios mayores a la unidad en la evaluación del CASO 2, sin embargo, a todas las columnas se adecuaron planchas metálicas de protección.
- Las columnas con mayor intervención son las principales, puesto que la gran mayoría se encontraba en estado de falla, por otro lado, las columnas secundarias solo necesitan la intervención en 1 de estas.
- Las planchas metálicas que se colocaran para la protección del desgaste mecánico del concreto no se consideran para el aporte de resistencia.
- Se determino la altura necesaria de reforzamiento para cada sección propuesta, obteniendo una altura máxima de 8,50m para dos columnas principales

4.12 Verificación de la Cimentación

Además de la verificación de las columnas que forman parte del Encapsulado de Plomo, es necesario evaluar la condición de las cimentaciones. Si bien estos elementos probablemente no presenten daños o patologías por estar protegidos bajo el suelo, la evaluación de las presiones máximas generadas en el suelo y los asentamientos máximos deben ser evaluados

4.12.1 Condiciones de Suelo

Las condiciones geotécnicas del sitio del proyecto se describen en la tabla 30. Con estos valores se puede estimar los parámetros de terreno para el modelamiento numérico.

Módulo de Balasto del Suelo

El valor del esfuerzo admisible se usará para calcular el módulo de balasto para el diseño de las cimentaciones según correlaciones (Morrison, N. 1993).

Tabla 30

Capacidades Admisibles y módulo de balasto según tipo de cimentación

DESCRIPCIÓN	VALOR
Profundidad de cimentación, m	1,40
Capacidad portante del terreno, kg/cm ²	3.79
Módulo de balasto, kg/cm ³	3,00

Fuente: Extraída del RNE E.060

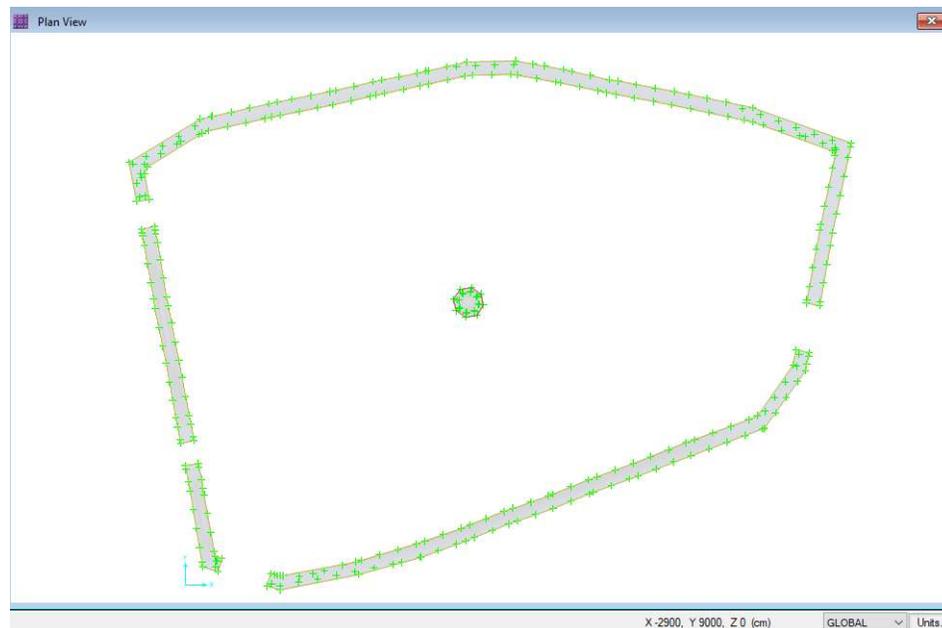
4.12.2 Modelamiento Numérico

Debido a que la cimentación de las columnas de las estructuras fue construida casi de forma monolítica con las cimentaciones de los muros de contención, en el modelamiento y evaluación se considera el aporte de toda la cimentación de los muros de contención.

Por otro lado, también se tomó consideraciones respecto a las cargas, es decir, se aplicó las reacciones en la cimentación sobre y, además, las cargas muertas y vivas de operación (1000 kg/m²), el modelo numérico se observa en la figura 67.

Figura 67

Modelo Numérico de la Cimentación del Encapsulado de Plomo



Nota La cimentación de las columnas fue construida de forma monolítica con las cimentaciones de los muros de contención *Fuente.* Imagen extraída del software SAFE.

4.12.3 Resultados de la evaluación.

La evaluación de la cimentación se realiza con la finalidad de evaluar y verificar que las condiciones geotécnicas del suelo no sean superadas, es decir, que la máxima presión del terreno será menor que 3,80kgf/cm² y que asentamiento primario resulte menor a 2,54 cm.

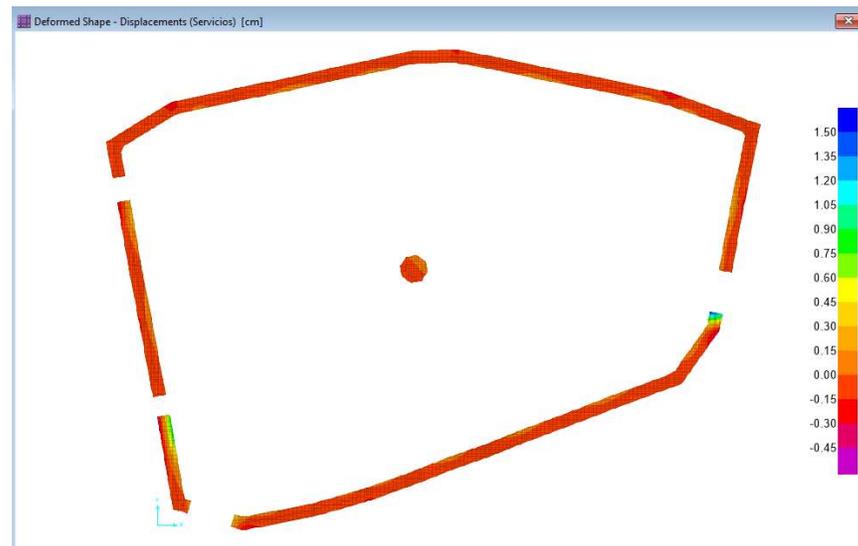
La Figura 68 y 69 se presentan los resultados para el asentamiento primario de la cimentación en un estado de servicio. El asentamiento máximo obtenido es de 0,385cm.

Con respecto a la evaluación de las presiones del terreno, los resultados se muestran en la Figura 70 y 71. La máxima presión demandante hacia el terreno es de 2,693 kgf/cm².

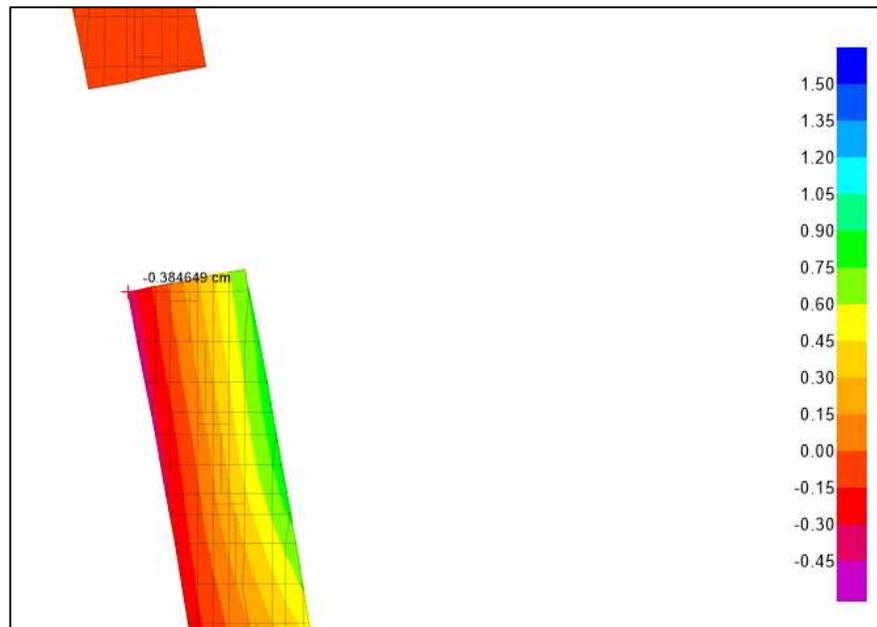
Finalmente, de ambos resultados se comprueba que, para las cargas actuantes normativas, la cimentación es estable tanto en asentamientos como capacidad de sostenimiento. Además, es necesario precisar que, durante la visualización de los resultados, es posible observar que los mayores valores de demanda se dan en los extremos de las cimentaciones, debido a falta de continuidad de la cimentación.

Figura 68

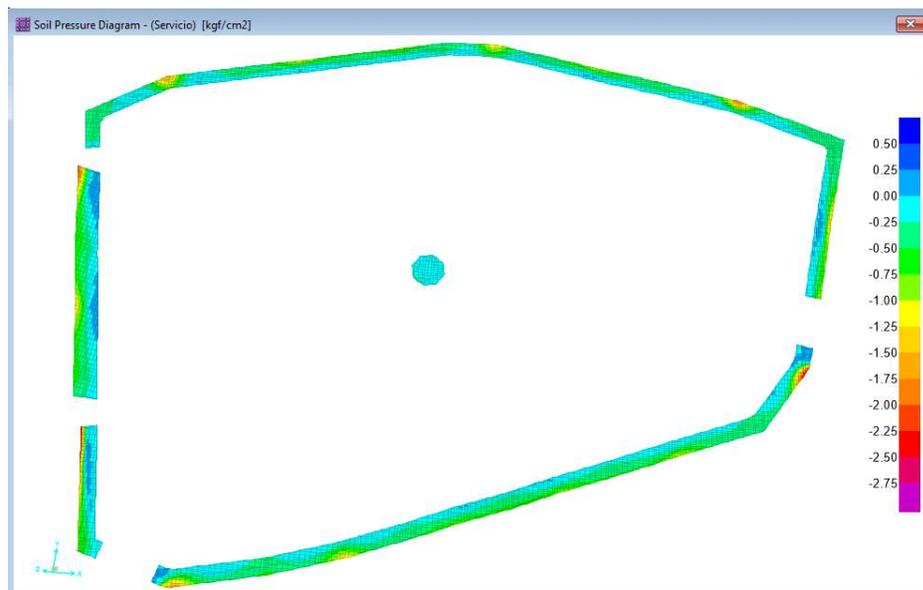
Evaluación de Asentamiento Primario en Servicio (cm)



Fuente. Imagen extraída del software SAFE.

Figura 69*Asentamientos Primarios Máximos en Servicio (cm)*

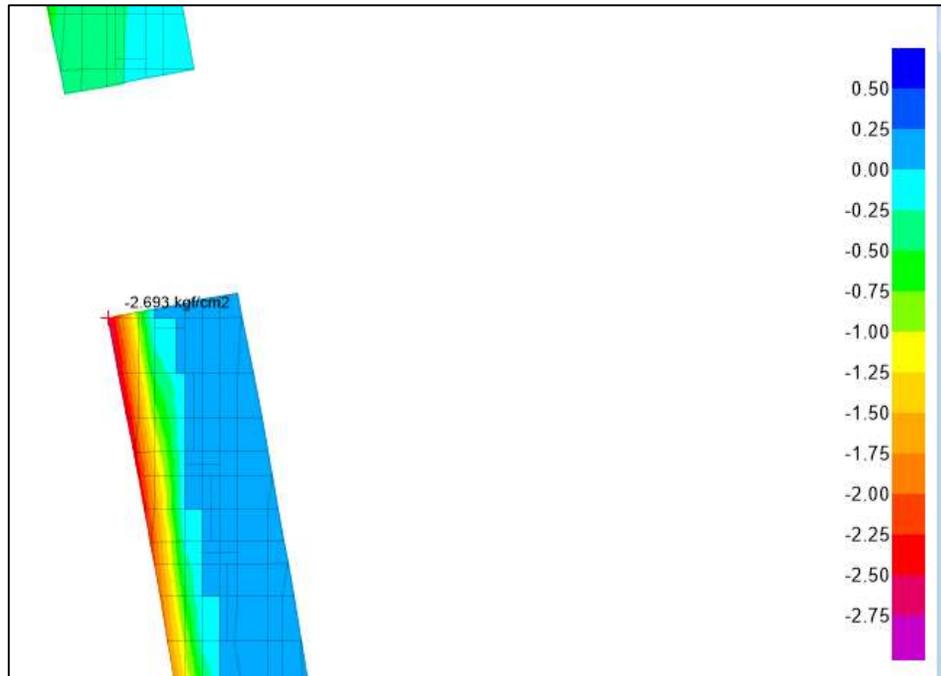
Fuente. Imagen extraída del software SAFE.

Figura 70*Distribución de presiones sobre suelos (Kgf/cm²)*

Fuente. Imagen extraída del software SAFE.

Figura 71

Presión Máxima de Suelo (Kgf/cm²)



Fuente. Imagen extraída del software SAFE.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Hipótesis General

Las columnas del almacén encapsulado de plomo presentan un comportamiento estructural deficiente.

5.1.1 Respuesta a la Hipótesis General

El comportamiento del almacén encapsulado de plomo, presenta un deficiente condición de servicio al ser evaluado con el reglamento nacional de edificaciones.

5.2 Hipótesis específica 1

Al Determinar las características mecánicas de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar, estas no cumplen las condiciones de servicio E.060 de concreto armado.

5.2.1 Respuesta a Hipótesis Específica 1

Para el cálculo de las propiedades mecánicas del concreto de las columnas se hicieron a partir del ensayo indirecto UPV y de mediciones directas (volumétricas), se tomaron en cuenta más las mediciones directas ya que estas se caracterizan por tener mayor representatividad, al final los resultados de los ensayos UPV y los obtenidos con los núcleos de concreto resultan mayores a la resistencia de diseño inicial (210 kg/cm²), con respecto al ensayo de medición de la profundidad de la carbonatación, se puede concluir que este se encuentra en una etapa temprana en casi todos los elementos y de acuerdo con las profundidades de carbonatación medidas, se establece que las columnas estuvieron sometidas a distintos niveles de dióxido de carbono (CO₂), siendo las zonas poco expuestas al polvo de plomo los más críticos.

5.3 Hipótesis específica 2

Al evaluar estructuralmente las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar, se determinará que las condiciones de servicio de la estructura son deficientes.

5.3.1 Respuesta a Hipótesis Específica 2

Las fuerzas resultantes de la estructura actual del encapsulado en las condiciones actuales, bajo las diferentes combinaciones de cargas están dominadas principalmente por cargas de viento, las cargas sísmicas resultan bajas en comparación a los otros

patrones de cargas por lo que no se considera la evaluación global de la estructura (control de derivas), el modelo matemático de la subestructura del Encapsulado de Plomo considero el aporte estructural de los muros de contención en todo el perímetro de la estructura.

5.4 Hipótesis específica 3

Se Identificarán las patologías de las columnas del almacén encapsulado de plomo, para la Unidad Logística Callao en la Compañía Perubar como fisuras y pérdidas del recubrimiento.

5.4.1 Respuesta a Hipótesis Específica 3

En la inspección visual de las columnas se observó patologías que en su mayoría son de fuente mecánica, es decir, que su ocurrencia se dio por el propio empleo del Encapsulado como almacenamiento de minerales, entre los daños encontrados, son predominantes la pérdida de sección de columnas, pérdida de recubrimiento del acero de refuerzo, pérdida del acero de refuerzo longitudes y pérdida de sección del acero de refuerzo.

CONCLUSIONES

En base al desarrollo de la tesis finalmente se evaluó el comportamiento estructural de las columnas de la estructura estudiadas del almacén encapsulado de plomo, llegando a las siguientes conclusiones:

Durante la inspección visual, se identificaron principalmente problemas de naturaleza mecánica en las columnas, lo que indica que sufrían desgaste debido a la carga constante de concentrado de plomo, con consecuencias en sus características mecánicas.

La inspección realizada durante la limpieza reveló que la extensión del deterioro en las columnas era significativamente más grave de lo que se suponía inicialmente. Por lo tanto, resulta esencial considerar este criterio de inspección en las futuras evaluaciones de las columnas.

La capacidad estructural de las columnas presentaba deficiencias significativas, lo que conllevó la necesidad de llevar a cabo una reconfiguración para restablecer los niveles de resistencia y estabilidad requeridos. Esta situación hizo evidente que las columnas no estaban funcionando conforme a los estándares estructurales adecuados, lo que a su vez demandó una revisión y ajustes para garantizar su desempeño óptimo.

En consecuencia, se determinó que las columnas no cumplían con los parámetros estructurales esperados, lo que implicó que se debía emprender un proceso de rediseño con el propósito de restaurar su capacidad estructural a niveles adecuados. Este proceso se tornó esencial para asegurar que las columnas pudieran soportar las cargas y tensiones a las que se verían sometidas en su funcionamiento normal, garantizando así su durabilidad y confiabilidad.

Las patologías y problemas estructurales en las columnas se descubrieron mediante el uso de tecnología de vanguardia, que permitió obtener datos esenciales sin ocasionar daños considerables. Este enfoque permitió llevar a cabo una evaluación estructural integral en el recinto de almacenamiento de plomo encapsulado de manera óptima.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se presentan en base a los resultados de la inspección y de los ensayos realizados, además de las conclusiones dadas.

Se recomienda a la compañía Perubar realizar una inspección visual de las columnas que no llegaron a ser evaluadas en la etapa de construcción, debido a la posibilidad de encontrar un caso mucho más crítico, a continuación, las recomendaciones para futuros tesisistas y evaluadores estructurales de acuerdo a las experiencias obtenidas de este estudio.

Para futuros evaluadores se recomienda estudiar los antecedentes de la estructura, las cargas vivas y operacionales de las estructuras nos proporcionarán un diagnóstico más preciso y nos permitirán obtener una solución más eficiente.

Se sugiere a los futuros tesisistas considerar el análisis de los criterios de aceptación aplicables a la estructura que están evaluando, ya que se tiene que garantizar la seguridad de las personas que ocuparán o estarán cerca de una estructura. Verificar que las resistencias de los elementos individuales sean mayores que las fuerzas actuantes; es esencial para prevenir fallas catastróficas a nivel local que podrían poner en peligro vidas humanas.

Se recomienda a los futuros tesisistas realizar la categorización de los elementos estructurales evaluados ya que permite seleccionar el tipo y la cantidad adecuada de refuerzo estructural, lo que a su vez reduce el uso innecesario de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva et al. (2017). Red Acelerografica del Perú. Obtenido de <http://www.red-acelerografica-peru.uni.edu.pe>: <http://www.red-acelerografica-peru.uni.edu.pe/es/page/glossary>
- Alvarado, Jiménez, Pineda, O., Ricardo, & Sulma. (2008). Influencia de la estructuracion sismica en el proceso del diseño estructural en edificios. Ingenieria Grado. Universidad De El Salvador, Ciudad Universitaria, El Salvador. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4384/1/PDFsamTMPbufferNRHWR1.pdf>
- American Society for Testing and Materials. (2018). Extracción y falla de núcleos de concreto. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.
- Chlieh, M., Perfettini, H., Tavera, H., Avoac, J-P. (2011). Interseismic coupling and seismic
- CISMID (2005). Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en 42 distritos de Lima y Callao: Ayuda
- CISMID (2016). Actualización de la microzonificación sísmica de la ciudad de Lima. The
- Claros, E. (2020). Rigidez de las estructuras y resistencia del concreto. Obtenido de 360 en concreto: [https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/calidad-y-Aspectos-tecnicos/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-](https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/calidad-y-aspectos-tecnicos/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-)
- Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado. (2018). Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas seccionadas de concreto. Lima: Instituto Nacional de Calidad.
- Concreto BH. (6 de Febrero de 2018). <https://medium.com/@bhconcretos/>. Obtenido de <https://medium.com/@bhconcretos/>: <https://medium.com/@bhconcretos/qu%C3%A9-es-la-patolog%C3%ADa-del-concreto-2ad73130d336>
- concreto#:~:text=La%20rigidez%20de%20las%20estructuras%2C%20es%20la%20propiedad%20que%20tiene,sin%20deformarse%20o%20desplazarse%

- Condori, C., Tavera, H. (2012). Áreas probables de ruptura sísmica en el borde occidental del
- Condori, C., Tavera, H. (2012). Áreas probables de ruptura sísmica en el borde occidental del
- COTECNO. (2023). Ensayos ultrasonicos de hormigon Obtenido por <https://www.cotecno.cl/ensayos-ultrasonicos-de-hormigon/>
doi:10.1029/2010JB008166.
- FARO. (2023). Escáneres láser FARO Focus Obtenido por <https://www.faro.com/es-MX/Products/Hardware/Focus-Laser-Scanners>
- Giordani; Leone, C. (2014). Estructura. Estructura. Universidad Tecnológica Nacional, Rosario. Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20-Estructura.pdf
- Gonzales Alcantara. (2016). Determinación y Evaluación de las Patologías del Concreto en Columnas, Vigas y Muros de Albañilería confinada del Cerco Perimétrico del Centro de Producción. Chimbote: Universidad Católica los Angeles.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
- Instituto Geofísico del Perú, (2021). Últimos sismos. Obtenido de https://ultimosismo.igp.gob.pe/img/mapas_sismicos/mp_2021.jpg?v=19302719
international symposium for CISMID 25th Aniversary. Paper n° ts-6-1.
- Ledemas y Martínez. (2018). Evaluación por desempeño del diseño estructural de viviendas en estado de vulnerabilidad alta en la ciudad de Bogotá—caso de estudio localidades de: Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Usme. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Memoria, Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de ingeniería Civil.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Categoría y sistema estructural de las edificaciones. Obtenido de Norma E.30 Diseño Sismorresistente: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). DUAL. Obtenido de ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. Obtenido de Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Muros estructurales. Obtenido de Norma E.030 Diseño Sismorresistente:
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. Obtenido de E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Sistemas estructurales. Obtenido de NORMA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%C3%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
- Perú a partir de la variación del parámetro “b”. Bol. Soc. Geol. Perú 106: 23-36.
- Perú a partir de la variación del parámetro “b”. Bol. Soc. Geol. Perú 106: 23-36.
- Ponte Vega, G. C. (2017). Análisis del diseño estructural de albañilería confinada para la vida útil de viviendas autoconstruidas en el distrito de Independencia – Lima 2017. Ingeniero Civil Grado. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21766/Ponte_VG_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- potential along Central Andes subduction zone. J. G. R. Vol 116, B12405,
- Ricardo Ferrer-Dalmau. (2019). Ensayos no destructivos Obtenido por [https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-\(END\)-Que-son.html](https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-(END)-Que-son.html)
- Sepúlveda R. (2017). Patologías de Edificación: En obras de Hormigón Armado

- Tacza Zevallos. (2019). Evaluación estructural, propuesta de reforzamiento y viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, ubicadas en el distrito de Ate en la ciudad de Lima 2018. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Tavera Huarache. (1993). La tierra, Tectónica y Sismicidad. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera Huarache. (2002). Terremoto de la Región Sur de Perú del 23 de Junio de 2001. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera Huarache. (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera; Takahashi; Milla, H. (2014). Compendio de trabajos de investigación realizados por estudiantes durante los años 2013-2014. volumen 15. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/769/v15,2013-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villarreal Castro. (2016). Dinámica Estructural. Lima: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- Villegas, e. (2016). Tectónica activa del Perú: acoplamiento intersísmico heterogéneo a lo largo del megacorrimiento de Nazca, movimiento rígido de la astilla peruana y acomodación de acortamiento subandino. JGR solid earth. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016JB013080>
- Villegas-Lanza, J. C., M. Chlieh, O. Cavalié, H. Tavera, P. Baby, J. Chire-Chira, and J.-M.
- Wiemer, S. y F. R. Zúñiga (1994). ZMAP, EOS Transactions, 75, American Geophysical Union.

ANEXOS

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
**“Evaluación Estructural De Almacén Encapsulado De
Plomo Existente, De La Unidad Logística Callao De La
Compañía Perubar, Callao, 2022”**

ANÁLISIS DE COBERTURA



CÁLCULO DE REACCIONES PARA COLUMNAS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ALCANCE	3
3.	CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS	3
4.	CÁLCULOS	3
4.1	Propiedades de los Materiales	3
4.2	Programas de cómputo	3
4.3	Descripción Geométrica	4
4.4	Cargas de Sismo (E.L.)	8
4.4.1	Estimación de Masas	8
4.4.2	Acciones Sísmicas	9
4.5	Cargas de Viento (W.L.)	9
4.6	Combinaciones de Carga	10
5.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	10
5.1	Metodología	10
5.2	Resumen de Resultados	11
5.3	Conclusiones de las Estructuras Actuales	12

Tablas

Tabla 4.1 Dimensiones de Tuberías	7
------------------------------------------	----------

Figuras

Figura 4.1 Descripción Geométrica de Cercha Principal - CP	4
Figura 4.2 Descripción Geométrica de Cercha Secundaria - CS	5
Figura 4.3 Descripción Geométrica de Viga VAT	5
Figura 4.4 Descripción Geométrica de Vigueta VT	5
Figura 4.5 Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A	6
Figura 4.6 Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A	6
Figura 4.7 Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A	7
Figura 4.8 Modelamiento de Encapsulado en el SAP 2000	8
Figura 4.9 Espectro de Respuesta	9
Figura 5.1 Modelo 3D Cobertura	11
Figura 5.2 Modelo 3D Reacciones en Columnas	11

Acápites

Acápite A – Análisis de Presión por Viento

Acápite B - Resultados del Análisis Estructural

1. INTRODUCCIÓN

Este documento establece como se efectúa los cálculos de las reacciones en las columnas para la tesis "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022"

2. ALCANCE

El presente estudio tiene por objetivo realizar el diseño estructural de la cobertura del almacén encapsulado de plomo

3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS

Las publicaciones abajo mencionadas forman parte de estas especificaciones y deben ser usadas para los propósitos. Cada publicación debe contener la última revisión y los addendums efectuados en el día. Excepto por lo modificado por los requerimientos especificados aquí o los detalles mostrados en los planos, el trabajo incluido en esta especificación debe estar conforme a las partes aplicables de estas publicaciones:

- RNC Reglamento Nacional de Construcciones, Perú, 2003.
- UBC Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, 1997.
- AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings, American Institute of Steel Construction, 13th Edition and, Specification for Structural Joints Using ASTM A 325 or A 490 Bolts, 2010.
- AWS-D1.1 Structural Welding Code-Steel, American Welding Society, 2010.
- ASTM Applicable Standards for the Various Construction Materials Specified in this Criteria, American Society for Testing and Materials.
- MSHA Mining Safety and Health Administration, Title 30 - Federal Code of Regulations, Parts 55, 56 & 57
- ASCE 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2010.
- OSHA Occupational Safety and Health Standards, Title 29, Parts 15 & 19.
- USBR Design Criteria Concrete Retaining walls, U.S. Bureau of Reclamation

4. CÁLCULOS

4.1 Propiedades de los Materiales

Para el análisis de la cobertura se tomaron los siguientes datos

ACERO ESTRUCTURAL

- Esfuerzo de fluencia (F_y) = 2530 kg/cm² = 2.53 ton/cm² (A-36)
- Módulo de elasticidad = E_s = 2'000,000 kg/cm²

4.2 Programas de cómputo

Los esfuerzos generados por las cargas verticales se estiman asumiendo un sistema de cargas aplicado a la estructura. Estas fuerzas deben ser definidas de modo que representen lo más cercano al fenómeno real. Existen diversos métodos para su determinación, desde los más sencillos hasta los más complejos que sólo pueden ser desarrollados con la ayuda de un software.

Para el análisis del tijeral se empleó el programa SAP2000 versión 12. Este es un programa para análisis estructural y diseño de estructuras que incluye las mejores técnicas actualmente disponibles.

4.3 Descripción Geométrica

Para el diseño estructural de las columnas se ha planteado un modelo en 3D de la cobertura. La estructura de la cobertura existente está conformada principalmente por perfiles tubulares de diámetro 1", 1 1/2", 2", 2 1/2" de cédula 40 y 80.

Todos las cerchas principales y secundarias presentan tienen dimensiones, solo existe uniformidad en las secciones por lo cual para hacer un modelo real se efectuó dibujos en Autocad 3D, esto represento significativa cantidad de horas hombre. Los elementos fueron importados al SAP 2000 y con uso del editor del SAP 2000 se completó de asignar el modelo de elementos frame, uniones y los grados de libertad.

Para efectos del análisis, los pesos de los elementos tubulares modelados fueron estimados por el programa SAP 2000, mientras que los pesos de los demás elementos se estimaron a partir de los valores indicados en las respectivas normas.

Figura 4.1
Descripción Geométrica de Cercha Principal - CP

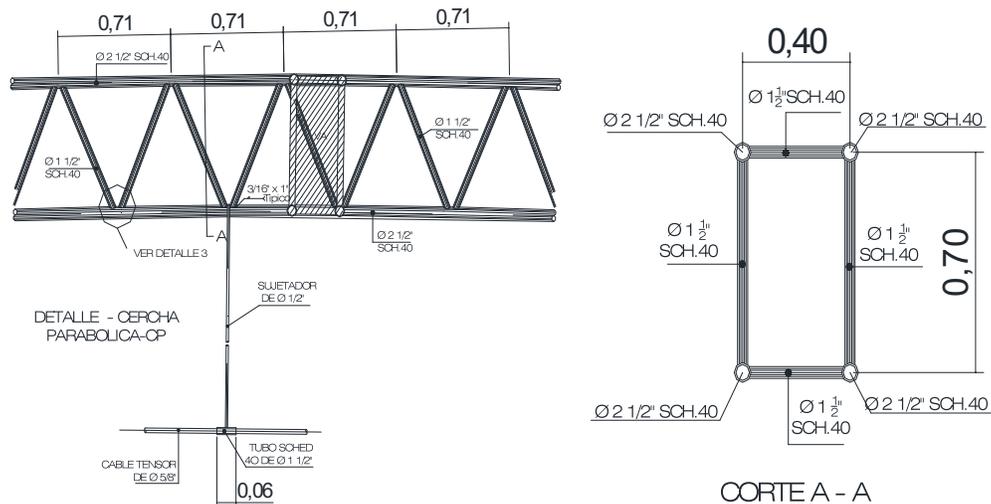


Figura 4.2
Descripción Geométrica de Cercha Secundaria - CS

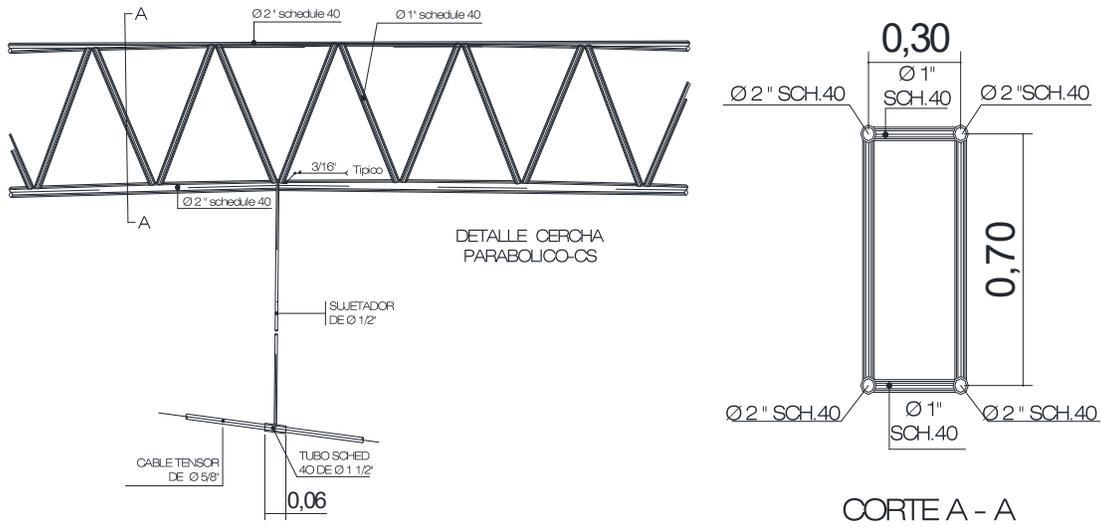


Figura 4.3
Descripción Geométrica de Viga VAT

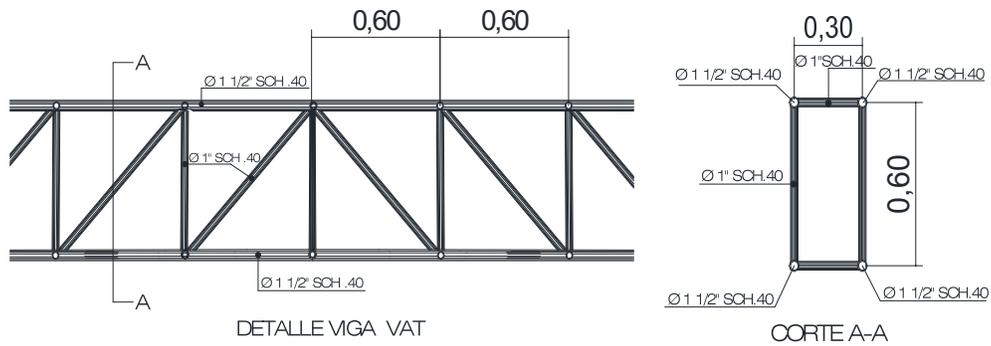


Figura 4.4
Descripción Geométrica de Vigueta VT

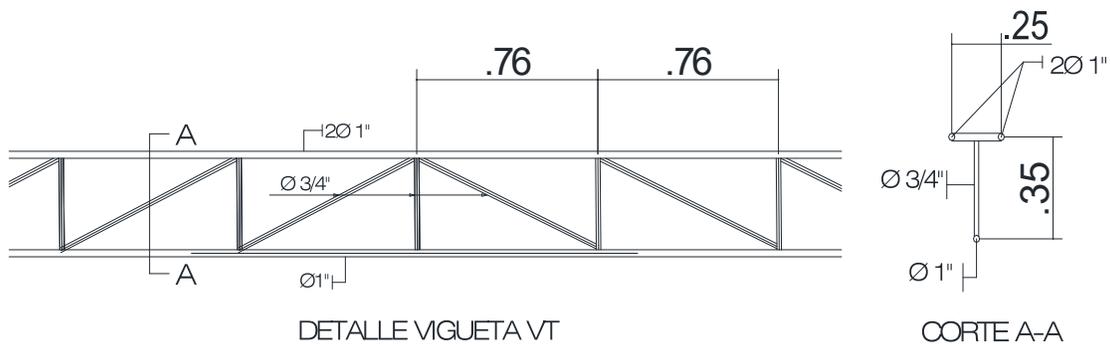
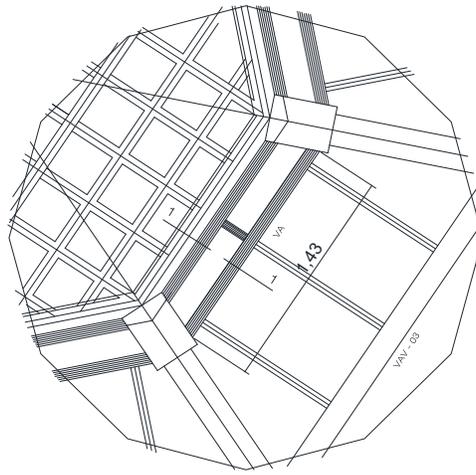


Figura 4.5
Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A



PLANTA VIGA DE AMARRE V-A
 ANILLO INTERIOR

Figura 4.6
Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A

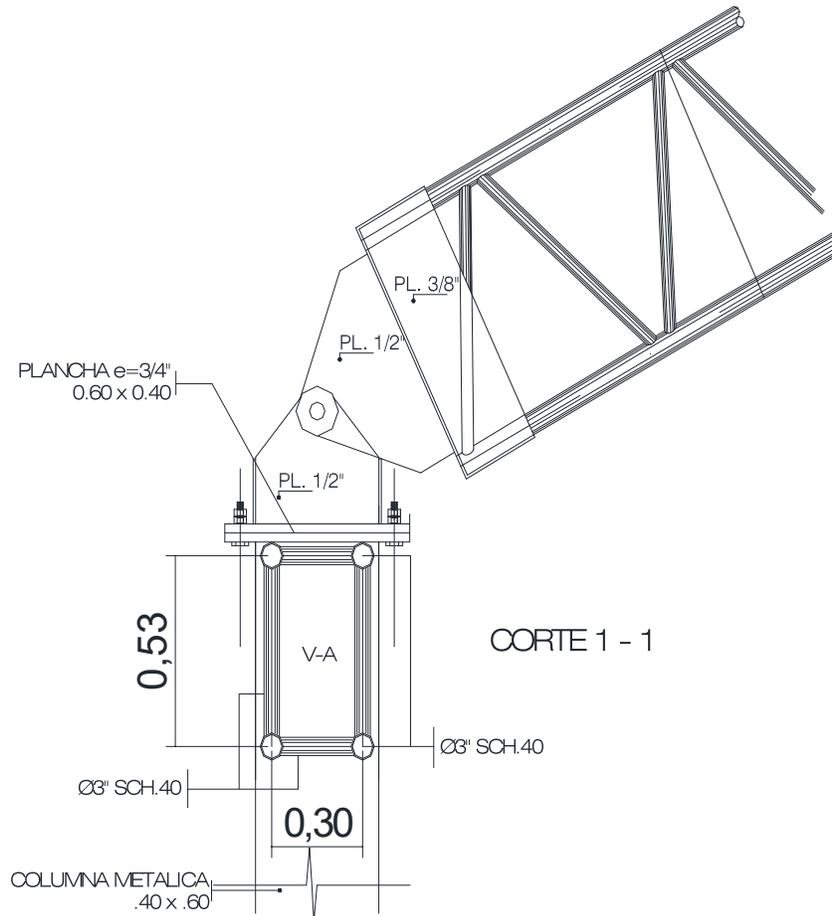


Figura 4.7
Descripción Geométrica de Viga de Amarre de Anillos Exterior e Interior V-A

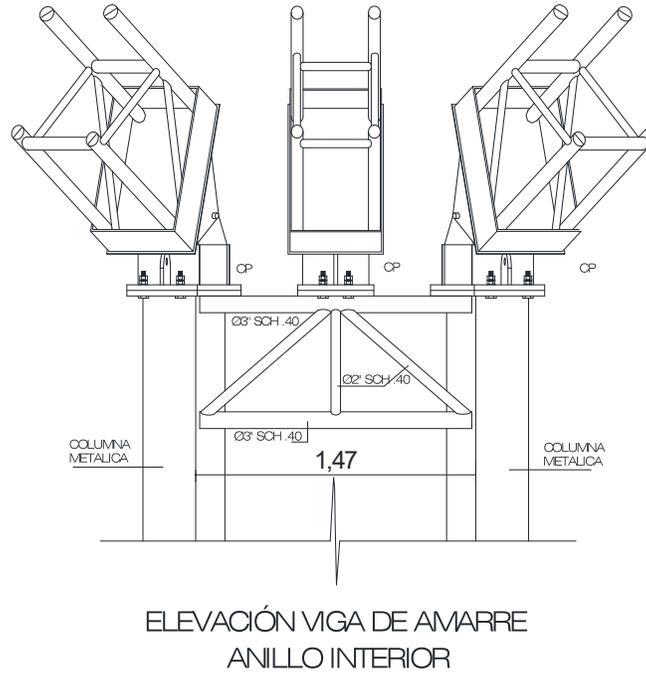
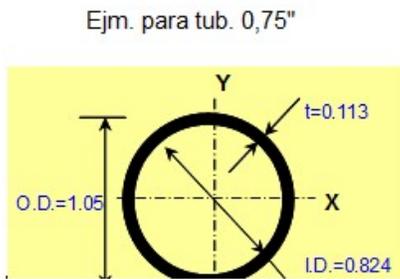
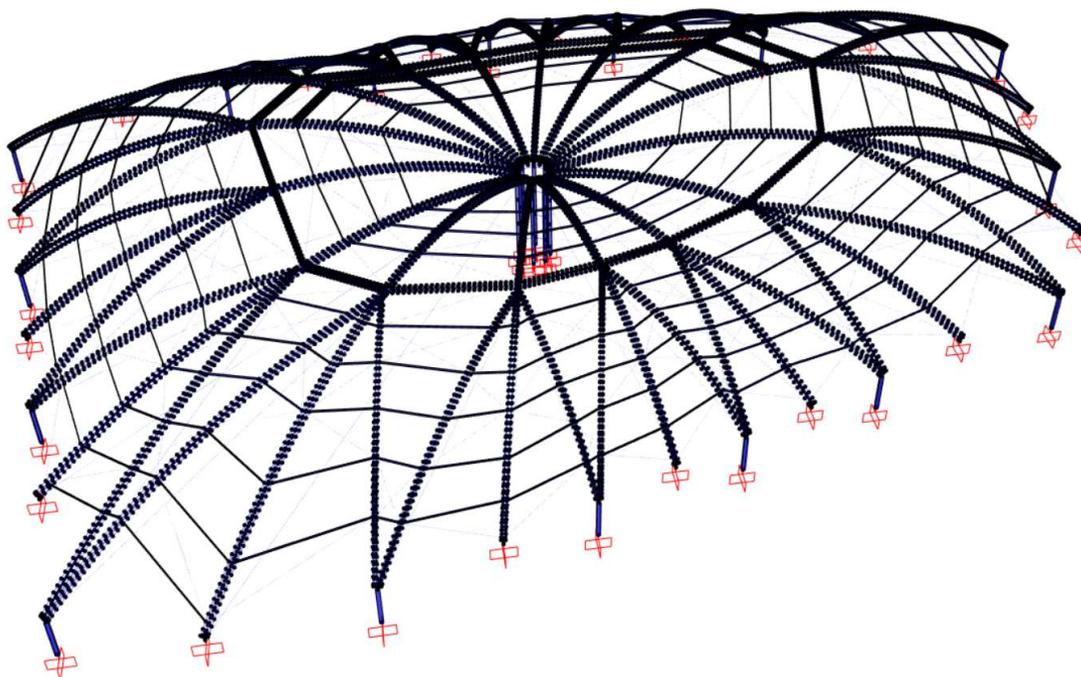


Tabla 4.1
Dimensiones de Tuberías



Dimensiones	3" diam.		2" diam.	
	in	cm	in	cm
in O.D. =			2,380	6,045
in I.D. =			2,070	5,258
in t =			0,154	0,391
plf wt./ft. =			3,660	plf.
in ² A =			1,070	6,903
in ⁴ Ix =			0,666	27,721
in ³ Sx =			0,561	9,193
in rx =			0,787	1,999
in ⁴ J =			1,330	55,359

Figura 4.8
Modelamiento de Encapsulado en el SAP 2000



En la figura 4.8 se muestra una vista del 3D reproducido en SAP 2000, en las condiciones actuales donde cantidad de elementos frame para reproducir el techo fue de 32,800 elementos.

4.4 Cargas de Sismo (E.L.)

4.4.1 Estimación de Masas

Las masas se evaluaron según los lineamientos de la norma de Diseño Sismo Resistente E-030 y de la norma de Cargas E-020, que forman parte del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para efectos del análisis las masas de los elementos modelados como columnas, vigas, y muros estructurales fueron estimados por el programa SAP 2000, mientras que las masas de los demás elementos se estimaron a partir de los siguientes pesos:

CARGAS MUERTAS:

Peso de cobertura	10 Kg/m ²
Luminarias	5 Kg/m ²
Aspersores Contra Incendios	5 Kg/m ²

CARGAS VIVAS:

Sobrecarga Techo	30 Kg/m ² .
------------------	------------------------

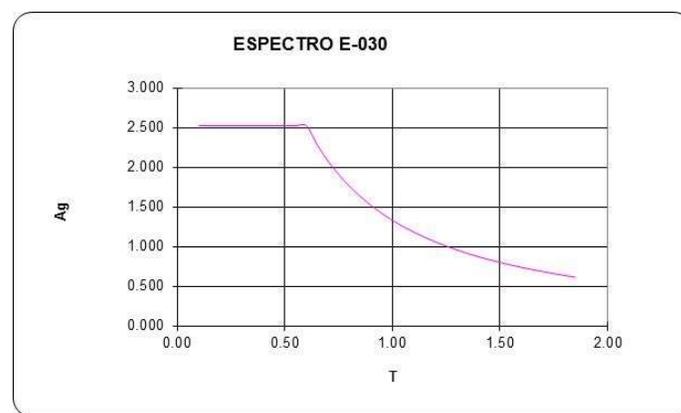
4.4.2 Acciones Sísmicas

El análisis se realizó según la norma vigente NTE E-030 (2003) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:

- Factor de Zona: $Z = 0.4$ (Zona 3)
- Factor de Uso: $U = 1.0$ (Edificación Común)
- Factor de suelo: $S = 1.2$ (Suelo Intermedio)
- Periodo de la plataforma $T_p = 0.4$
- Coeficiente de reducción $R_x = 9.5$ (Pórticos dúctiles de Acero)
- Coeficiente de reducción $R_y = 9.5$ (Pórticos dúctiles de Acero)

A partir de estos valores se determinó el espectro de pseudo aceleraciones que se ve en la figura 4.9.

Figura 4.9
Espectro de Respuesta



4.5 Cargas de Viento (W.L.)

Los cálculos de la velocidad del viento se efectuaron según la Norma Peruana E.020 y también conforme la norma Americana ASCE 07 – 2010 donde se calcula la presión dinámica y distribución de presiones sobre la superficie del techo.

Los resultados de las presiones sobre los 20 m son similares, para el caso de la norma peruana se obtuvo una presión actuante igual q_{20} igual a 38.15 kg/m² y siguiendo la norma ASCE se obtuvo una presión de q_{20} igual a 39.86 kg/m².

Los cálculos detallados y resultados se muestran en el Acápite A.

4.6 Combinaciones de Carga

Las combinaciones de Carga de acuerdo con la Norma Peruana E.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, para la verificación del diseño según el método del LRFD (Loads Resistance Factor Design) son:

- 1) $1,4D$
- 2) $1.2D + 1.6 L + 0.5 (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- 3) $1.2D + 1.6 (L \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0.5L \text{ ó } 0.8W)$
- 4) $1.2D + 1.3W + 0.5 L + 0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) (1.4 -4)$
- 5) $1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$
- 6) $0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$

Dónde:

D: Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

L: Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

Lr: Carga viva en las azoteas.

W: Carga de viento.

S: Carga de nieve.

E: Carga de sismo de acuerdo con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

R: Carga por lluvia o granizo.

5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.1 Metodología

Dada la cantidad de información fue casi imposible visualizar las fuerzas resultantes con uso del display gráfico del SAP 2000.

Las fuerzas obtenidas de las diferentes combinaciones de carga han sido importadas del SAP a un archivo en Excel para todos los elementos de las 16 cerchas principales (CP) y 32 cerchas secundarias (CS). Asimismo, solo se muestra las fuerzas en compresión y tracción de la envolvente de las combinaciones de cargas.

5.2 Resumen de Resultados

Se tiene que las acciones predominantes son: cargas muertas, cargas vivas y cargas de viento. Las cargas sísmicas no son relevantes dado el bajo peso de la estructura.

Figura 5.1
Modelo 3D Cobertura

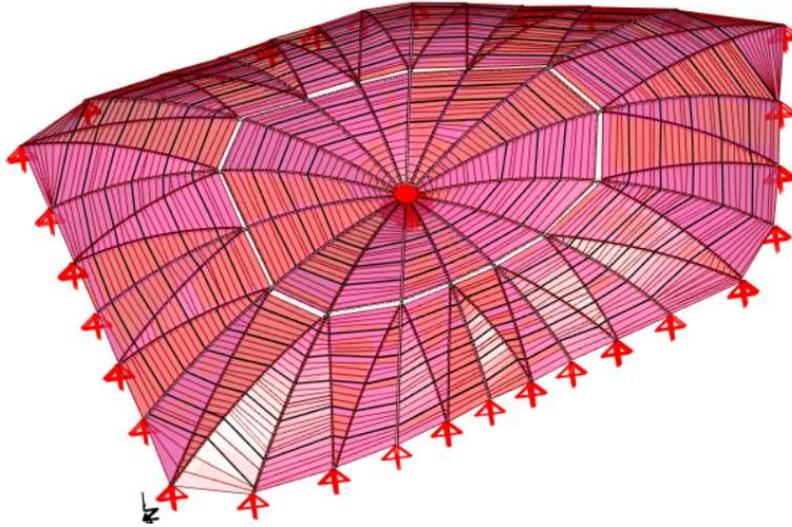
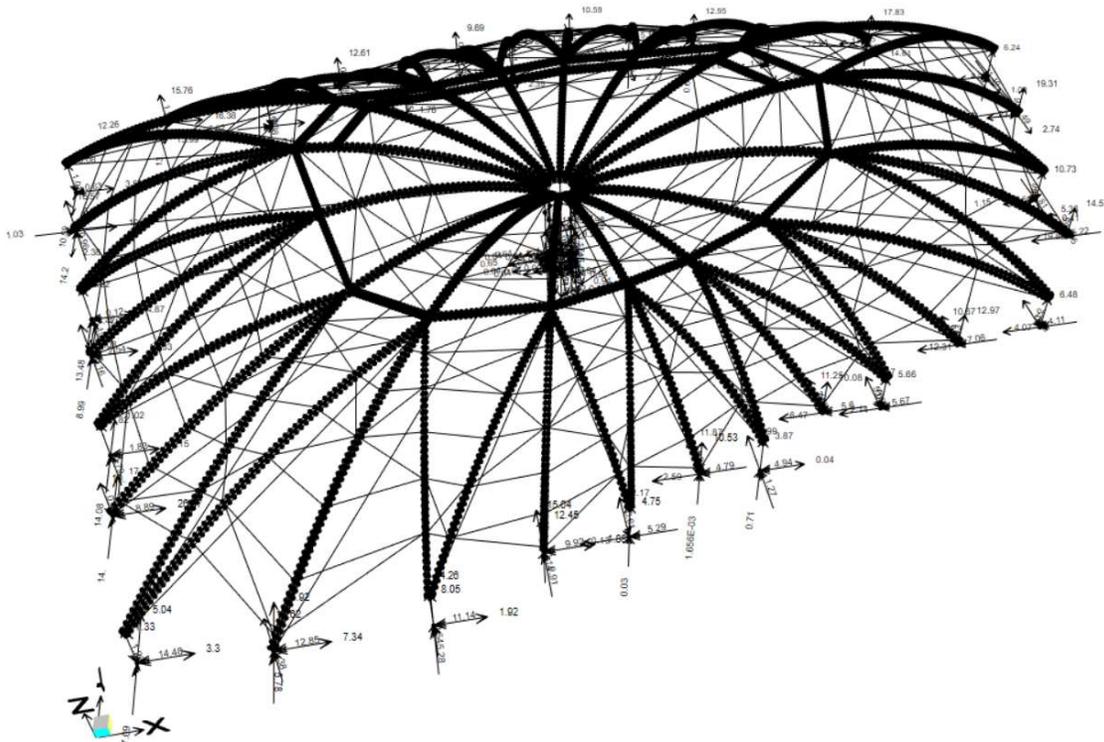


Figura 5.2
Modelo 3D Reacciones en Columnas



5.3 Conclusiones de las Estructuras Actuales

- El análisis estructural se ha efectuado básicamente considerando las propiedades de todos los elementos en sus condiciones iniciales.
- Se utilizaron las reacciones obtenidas en el análisis de la cobertura para desarrollar la tesis.
- Para ver las presiones obtenidas por el de viento ver acápite 1.
- Para ver las reacciones por columna ver acápite 2.

Acápite A – Análisis de Presión por Viento

ANÁLISIS DE PRESIÓN POR VIENTO

INDICE

1	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SEGÚN NORMA PERUANA E.20	5
2	CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES SOBRE LA SUPERFICIE DEL TECHO SEGÚN NORMA PERUANA E.20	5
2.1	Según Norma Peruana E.020 – Presión Dinámica	5
2.2	Según Norma Peruana E.020 – Distribución de Presión	6
3	CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES SOBRE LA SUPERFICIE DEL TECHO SEGÚN NORMA AMERICANA ASCE 07 - 2010	6
3.1	Según la Norma Americana ASCE 07-2010 – Presión Dinámica	7
3.2	Calculo de Presiones sobre la Estructura del Techo	7

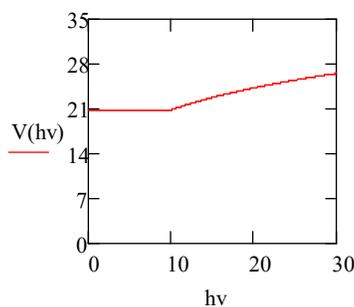
1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SEGÚN NORMA PERUANA E.20

La velocidad del viento medida a 10m de altura sobre el terreno es:

$$V_0 := 75 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \qquad V_0 = 20.833 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

La variación del viento con la altura estará dada por:

$$V(hv) := \begin{cases} V_0 \cdot \left(\frac{hv}{10\text{m}} \right)^{0.22} & \text{if } hv \geq 10\text{m} \\ V_0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



$$V_{10} := V(10\text{m}) = 20.833 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{125} := V(12.5\text{m}) = 21.882 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{15} := V(15\text{m}) = 22.777 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{175} := V(17.5\text{m}) = 23.563 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{20} := V(20\text{m}) = 24.265 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2 CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES SOBRE LA SUPERFICIE DEL TECHO SEGÚN NORMA PERUANA E.20

2.1 Según Norma Peruana E.020 – Presión Dinámica

La presión dinámica "q" está dada por:

$$q := 0.005 \cdot \left[V_0 \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 28.125 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$q_{10} := 0.005 \cdot \left[V_{10} \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \qquad q_{10} = 28.125 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$q_{125} := 0.005 \cdot \left[V_{125} \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \qquad q_{125} = 31.027 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$q_{15} := 0.005 \cdot \left[V_{15} \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \qquad q_{15} = 33.618 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$q_{175} := 0.005 \cdot \left[V_{175} \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \qquad q_{175} = 35.977 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right)$$

$$q_{20} := 0.005 \cdot \left[V_{20} \cdot \left(\frac{\text{hr}}{\text{km}} \right) \right]^2 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \qquad q_{20} = 38.154 \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right) = q \cdot C_i$$

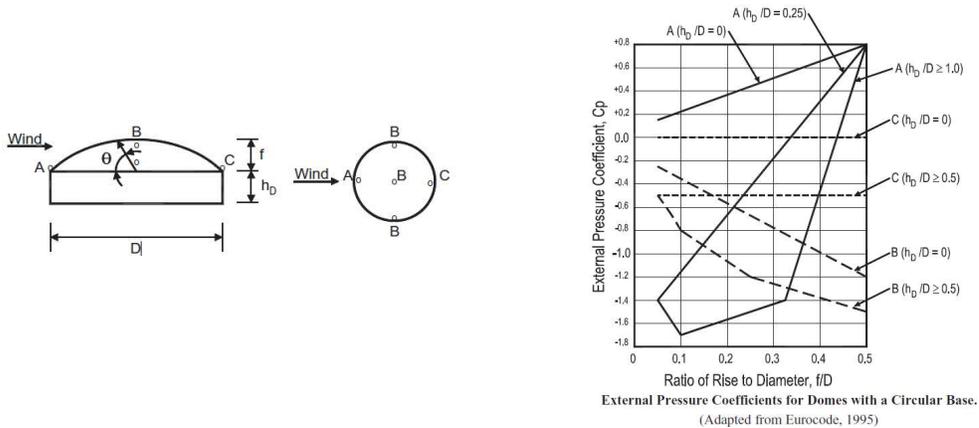
Luego la presión final sobre las paredes de la estructura estará dado por

	Presiones Externas		Presiones Internas
	en Barlobanto	en Sotavento	(+/-)
Caso A	0.8	-0.5	0.3
Caso B	-0.8	0.5	0.3

2.2 Según Norma Peruana E.020 – Distribución de Presión

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO SEGÚN NORMA PERUANA E.020									
	Dist. (m)	C_p	$q_{(h_D+f)}$ (kgf/m ²)	C_{pi} (+/-)	Presión Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño		
							Maxima (kgf/m ²)	Mínima (kgf/m ²)	
Caso A:	Punto A	(0/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
		(1/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
		(2/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
		(3/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
		(4/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
	Punto B	(5/5)*(D/2)	0.80	38.15	0.3	30.52	11.45	41.97	19.08
		(6/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(7/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(8/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(9/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
Punto C	(10/5)*(D/2)	-0.500	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52	
Caso B:	Punto A	(0/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
		(1/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
		(2/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
		(3/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
		(4/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
	Punto B	(5/5)*(D/2)	-0.80	38.15	0.3	-30.52	11.45	-19.08	-41.97
		(6/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(7/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(8/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
		(9/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52
Punto C	(10/5)*(D/2)	-0.50	38.15	0.3	-19.08	11.45	-7.63	-30.52	

De acuerdo a esto las presiones sobre el techo, según E.020 son:



3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA Y DISTRIBUCIÓN DE

PRESIONES SOBRE LA SUPERFICIE DEL TECHO SEGÚN NORMA AMERICANA ASCE 07 - 2010

3.1 Según la Norma Americana ASCE 07-2010 – Presión Dinámica

Según el ASCE 07 - 2010, el cálculo de la presión dinámica del viento en la parte superior del techo $q_{(h+f)}$ estará dada por:

$$q_{20m} = \left[0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot (V)^2 \right] \cdot \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Dónde: K_{zt} , es el coeficiente topográfico

K_d , es el coeficiente de forma para estructuras de forma en planta circulares

K_z es el coeficiente de velocidad para la parte alta del techo en forma de domo obtenido de la tabla 29.3-1 del ASCE 07 - 2010

V , velocidad del Viento para la parte alta del techo según Norma E020 - Perú.

G , coeficiente de efecto de rafaga.

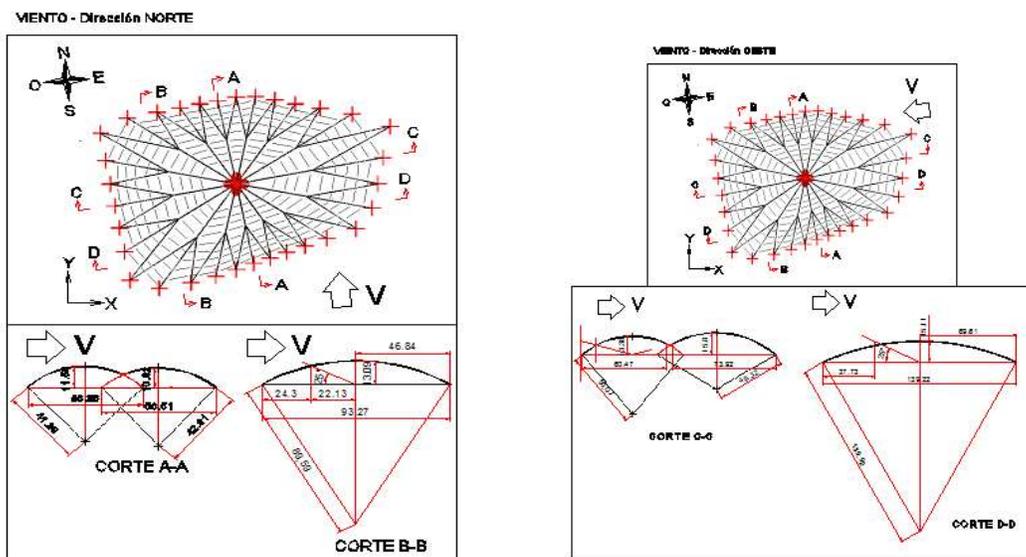
$$K_{zt} := 1.0 \quad K_d := 0.95 \quad V(20m) = 24.265 \cdot \left(\frac{m}{sec} \right) \quad I := 1.0 \quad G := 0.85$$

Para $H = 20m$ o $65.6ft$ $K_z := 1.14$

$$q_{20m} := \left[0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot \left[V(20m) \cdot \left(\frac{sec}{m} \right) \right]^2 \right] \cdot \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad q_{20m} = 39.86 \cdot \left(\frac{kgf}{m^2} \right)$$

Para edificios cerrados: $G.C.p_i = +/- 0.18$

3.2 Calculo de Presiones sobre la Estructura del Techo



Aplicación del viento en la dirección Sur Norte:

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO EN CORTE A-A									
	Dist. (m)	C _p	q _(hd+f) (kgf/m ²)	C _{pi} (+/-)	Presion Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño		
							Maxima (kgf/m ²)	Mínma (kgf/m ²)	
Caso A:	Punto A	0	-0.45	39.86	0.18	-17.76	7.17	-10.58	-24.93
		5.68	-0.49	39.86	0.18	-19.60	7.17	-12.42	-26.77
		11.36	-0.54	39.86	0.18	-21.43	7.17	-14.26	-28.61
		17.04	-0.58	39.86	0.18	-23.27	7.17	-16.10	-30.45
		22.72	-0.63	39.86	0.18	-25.11	7.17	-17.93	-32.28
	Punto B	28.4	-0.68	39.86	0.18	-26.95	7.17	-19.77	-34.12
		34.08	-0.58	39.86	0.18	-22.96	7.17	-15.78	-30.13
		39.76	-0.48	39.86	0.18	-18.97	7.17	-11.80	-26.15
		45.44	-0.38	39.86	0.18	-14.99	7.17	-7.81	-22.16
		51.12	-0.28	39.86	0.18	-11.00	7.17	-3.83	-18.18
	Punto C	56.8	-0.176	39.86	0.18	-7.02	7.17	0.16	-14.19
	Caso B:	Punto A	0	-0.45	39.86	0.18	-17.76	7.17	-10.58
		5.68	-0.45	39.86	0.18	-17.76	7.17	-10.58	-24.93
		11.36	-0.45	39.86	0.18	-17.76	7.17	-10.58	-24.93
		17.04	-0.52	39.86	0.18	-20.82	7.17	-13.65	-28.00
		22.72	-0.60	39.86	0.18	-23.88	7.17	-16.71	-31.06
Punto B		28.4	-0.68	39.86	0.18	-26.95	7.17	-19.77	-34.12
		34.08	-0.58	39.86	0.18	-22.96	7.17	-15.78	-30.13
		39.76	-0.48	39.86	0.18	-18.97	7.17	-11.80	-26.15
		45.44	-0.38	39.86	0.18	-14.99	7.17	-7.81	-22.16
		51.12	-0.28	39.86	0.18	-11.00	7.17	-3.83	-18.18
Punto C		56.8	-0.176	39.86	0.18	-7.02	7.17	0.16	-14.19

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO EN CORTE B-B									
	Dist. (m)	C _p	q _(hd+f) (kgf/m ²)	C _{pi} (+/-)	Presion Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño		
							Maxima (kgf/m ²)	Mínma (kgf/m ²)	
Caso A:	Punto A	0	-0.37	39.86	0.18	-14.72	7.17	-7.54	-21.89
		9.3	-0.38	39.86	0.18	-15.34	7.17	-8.16	-22.51
		18.6	-0.40	39.86	0.18	-15.95	7.17	-8.78	-23.13
		27.9	-0.42	39.86	0.18	-16.57	7.17	-9.40	-23.75
		37.2	-0.43	39.86	0.18	-17.19	7.17	-10.02	-24.37
	Punto B	46.5	-0.45	39.86	0.18	-17.81	7.17	-10.63	-24.98
		55.8	-0.38	39.86	0.18	-15.10	7.17	-7.93	-22.28
		65.1	-0.31	39.86	0.18	-12.40	7.17	-5.22	-19.57
		74.4	-0.24	39.86	0.18	-9.69	7.17	-2.52	-16.87
		83.7	-0.18	39.86	0.18	-6.99	7.17	0.18	-14.17
	Punto C	93	-0.108	39.86	0.18	-4.29	7.17	2.89	-11.46
	Caso B:	Punto A	0	-0.37	39.86	0.18	-14.72	7.17	-7.54
		9.3	-0.37	39.86	0.18	-14.72	7.17	-7.54	-21.89
		18.6	-0.37	39.86	0.18	-14.72	7.17	-7.54	-21.89
		27.9	-0.37	39.86	0.18	-14.72	7.17	-7.54	-21.89
		37.2	-0.41	39.86	0.18	-16.26	7.17	-9.09	-23.44
Punto B		46.5	-0.45	39.86	0.18	-17.81	7.17	-10.63	-24.98
		55.8	-0.38	39.86	0.18	-15.10	7.17	-7.93	-22.28
		65.1	-0.31	39.86	0.18	-12.40	7.17	-5.22	-19.57
		74.4	-0.24	39.86	0.18	-9.69	7.17	-2.52	-16.87
		83.7	-0.18	39.86	0.18	-6.99	7.17	0.18	-14.17
Punto C		93	-0.108	39.86	0.18	-4.29	7.17	2.89	-11.46

Notación : (+) Presión (-) Succión

Aplicación del viento en la dirección Este Oeste:

		Presiones Externas		Presiones Internas
		en Barlobanto	en Sotavento	(+/-)
CASO A	0° a 60°	0.9	0	0.18
	60° a 90°	0.5	0	0.18
CASO B	0° a 180°	-0.9	-0.9	0.18

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO SEGÚN NORMA AMERICANA ASCE 07 -2010									
		Dist. (m)	C _p	q _(hD+) (kgf/m ²)	C _{pi} (+/-)	Presion Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño	
								Maxima (kgf/m ²)	Mínma (kgf/m ²)
CASO A:	Punto A	(0/5)*(D/2)	0.90	39.86	0.18	35.87	7.17	43.05	28.70
		(1/5)*(D/2)	0.90	39.86	0.18	35.87	7.17	43.05	28.70
		(2/5)*(D/2)	0.90	39.86	0.18	35.87	7.17	43.05	28.70
		(3/5)*(D/2)	0.90	39.86	0.18	35.87	7.17	43.05	28.70
	Punto B	(4/5)*(D/2)	0.50	39.86	0.18	19.93	7.17	27.10	12.76
		(5/5)*(D/2)	0.50	39.86	0.18	19.93	7.17	27.10	12.76
		(6/5)*(D/2)	0.00	39.86	0.18	0.00	7.17	7.17	-7.17
		(7/5)*(D/2)	0.00	39.86	0.18	0.00	7.17	7.17	-7.17
		(8/5)*(D/2)	0.00	39.86	0.18	0.00	7.17	7.17	-7.17
		(9/5)*(D/2)	0.00	39.86	0.18	0.00	7.17	7.17	-7.17
Punto C	(10/5)*(D/2)	0.000	39.86	0.18	0.00	7.17	7.17	-7.17	
CASO B:	Punto A	(0/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(1/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(2/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(3/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
	Punto B	(4/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(5/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(6/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(7/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(8/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
		(9/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05
Punto C	(10/5)*(D/2)	-0.90	39.86	0.18	-35.87	7.17	-28.70	-43.05	

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO EN CORTE C-C									
		Dist. (m)	C _p	q _(hD+) (kgf/m ²)	C _{pi} (+/-)	Presion Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño	
								Maxima (kgf/m ²)	Mínma (kgf/m ²)
CASO A:	Punto A	0	-0.09	39.86	0.18	-3.57	7.17	3.60	-10.75
		6.05	-0.23	39.86	0.18	-9.12	7.17	-1.95	-16.30
		12.1	-0.37	39.86	0.18	-14.67	7.17	-7.50	-21.85
		18.15	-0.51	39.86	0.18	-20.23	7.17	-13.05	-27.40
	Punto B	24.2	-0.65	39.86	0.18	-25.78	7.17	-18.60	-32.95
		30.25	-0.79	39.86	0.18	-31.33	7.17	-24.16	-38.50
		36.3	-0.66	39.86	0.18	-26.15	7.17	-18.97	-33.32
		42.35	-0.53	39.86	0.18	-20.97	7.17	-13.79	-28.14
		48.4	-0.40	39.86	0.18	-15.78	7.17	-8.61	-22.96
		54.45	-0.27	39.86	0.18	-10.60	7.17	-3.43	-17.78
Punto C	60.5	-0.136	39.86	0.18	-5.42	7.17	1.75	-12.60	
CASO B:	Punto A	0	-0.09	39.86	0.18	-3.57	7.17	3.60	-10.75
		6.05	-0.09	39.86	0.18	-3.57	7.17	3.60	-10.75
		12.1	-0.09	39.86	0.18	-3.57	7.17	3.60	-10.75
		18.15	-0.32	39.86	0.18	-12.82	7.17	-5.65	-20.00
	Punto B	24.2	-0.55	39.86	0.18	-22.08	7.17	-14.90	-29.25
		30.25	-0.79	39.86	0.18	-31.33	7.17	-24.16	-38.50
		36.3	-0.66	39.86	0.18	-26.15	7.17	-18.97	-33.32
		42.35	-0.53	39.86	0.18	-20.97	7.17	-13.79	-28.14
		48.4	-0.40	39.86	0.18	-15.78	7.17	-8.61	-22.96
		54.45	-0.27	39.86	0.18	-10.60	7.17	-3.43	-17.78
Punto C	60.5	-0.136	39.86	0.18	-5.42	7.17	1.75	-12.60	

PRESIONES DE DISEÑO DE DOMO EN CORTE D-D										
		Dist. (m)	C _p	q _(hd+) (kgf/m ²)	C _{pi} (+/-)	Presión Ext. (kgf/m ²)	Presión Int. (+/-) (kgf/m ²)	Presiones de diseño		
								Maxima (kgf/m ²)	Mínima (kgf/m ²)	
Caso A:	Punto A	0	-0.17	39.86	0.18	-6.95	7.17	0.23	-14.12	
		13.9	-0.22	39.86	0.18	-8.86	7.17	-1.69	-16.04	
		27.8	-0.27	39.86	0.18	-10.78	7.17	-3.61	-17.95	
		41.7	-0.32	39.86	0.18	-12.70	7.17	-5.52	-19.87	
		55.6	-0.37	39.86	0.18	-14.61	7.17	-7.44	-21.79	
	Punto B	69.5	-0.41	39.86	0.18	-16.53	7.17	-9.36	-23.71	
		83.4	-0.35	39.86	0.18	-13.80	7.17	-6.62	-20.97	
		97.3	-0.28	39.86	0.18	-11.07	7.17	-3.89	-18.24	
		111.2	-0.21	39.86	0.18	-8.33	7.17	-1.16	-15.51	
		125.1	-0.14	39.86	0.18	-5.60	7.17	1.57	-12.78	
	Punto C	139	-0.072	39.86	0.18	-2.87	7.17	4.31	-10.04	
	Caso B:	Punto A	0	-0.17	39.86	0.18	-6.95	7.17	0.23	-14.12
			13.9	-0.17	39.86	0.18	-6.95	7.17	0.23	-14.12
		27.8	-0.17	39.86	0.18	-6.95	7.17	0.23	-14.12	
		41.7	-0.17	39.86	0.18	-6.95	7.17	0.23	-14.12	
		55.6	-0.29	39.86	0.18	-11.74	7.17	-4.56	-18.91	
Punto B		69.5	-0.41	39.86	0.18	-16.53	7.17	-9.36	-23.71	
		83.4	-0.35	39.86	0.18	-13.80	7.17	-6.62	-20.97	
		97.3	-0.28	39.86	0.18	-11.07	7.17	-3.89	-18.24	
		111.2	-0.21	39.86	0.18	-8.33	7.17	-1.16	-15.51	
		125.1	-0.14	39.86	0.18	-5.60	7.17	1.57	-12.78	
Punto C		139	-0.072	39.86	0.18	-2.87	7.17	4.31	-10.04	

Notación: (+) Presión (-) Succión

Acápito B - Resultados del Análisis Estructural

REACCIONES PARA COLUMNAS CENTRALES

COLUMNA	Joint	OutputCase	StepType	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
				tonf	tonf	tonf	tonf.m	tonf.m	tonf.m
CC	CC01	DEAD		-0.99	-0.93	-5.52	0.64	-0.73	0.00
	CC01	SX	Max	1.66	0.49	16.00	0.33	1.22	0.00
	CC01	SY	Max	0.89	1.65	11.40	1.13	0.65	0.00
	CC01	VIENTO X	Max	1.48	1.43	19.13	0.80	1.10	0.00
	CC01	VIENTO X	Min	-1.64	-1.16	-23.03	-0.98	-1.24	0.00
	CC01	VIENTO Y	Max	1.47	1.80	14.26	1.63	1.08	0.00
	CC01	VIENTO Y	Min	-0.79	-2.36	-16.98	-1.25	-0.58	0.00
	CC01	LIVE		-0.96	-0.94	-8.52	0.65	-0.71	0.00
	CC02	DEAD		-1.00	-0.92	8.20	0.64	-0.74	0.00
	CC02	SX	Max	1.67	0.49	12.81	0.33	1.22	0.00
	CC02	SY	Max	0.90	1.65	18.42	1.13	0.66	0.00
	CC02	VIENTO X	Max	1.48	1.43	4.70	0.81	1.10	0.00
	CC02	VIENTO X	Min	-1.65	-1.17	-6.06	-0.98	-1.25	0.00
	CC02	VIENTO Y	Max	1.47	1.79	22.18	1.63	1.09	0.00
	CC02	VIENTO Y	Min	-0.80	-2.35	-20.88	-1.25	-0.59	0.00
	CC02	LIVE		-0.96	-0.94	4.65	0.65	-0.71	0.00
	CC05	DEAD		-1.02	-0.94	13.43	0.64	-0.75	0.00
	CC05	SX	Max	1.68	0.49	12.63	0.34	1.23	0.00
	CC05	SY	Max	0.88	1.67	18.59	1.14	0.64	0.00
	CC05	VIENTO X	Max	1.50	1.44	9.11	0.81	1.11	0.00
	CC05	VIENTO X	Min	-1.66	-1.17	-15.03	-0.99	-1.25	0.00
	CC05	VIENTO Y	Max	1.49	1.82	26.14	1.65	1.10	0.00
	CC05	VIENTO Y	Min	-0.78	-2.38	-21.38	-1.26	-0.58	0.00
	CC05	LIVE		-0.98	-0.95	10.50	0.65	-0.72	0.00
	CC06	DEAD		-1.01	-0.94	-2.49	0.64	-0.74	0.00
	CC06	SX	Max	1.69	0.49	6.02	0.34	1.24	0.00
	CC06	SY	Max	0.91	1.67	18.07	1.14	0.66	0.00
	CC06	VIENTO X	Max	1.50	1.44	11.58	0.81	1.11	0.00
	CC06	VIENTO X	Min	-1.67	-1.18	-14.50	-0.99	-1.26	0.00
	CC06	VIENTO Y	Max	1.49	1.82	21.18	1.65	1.10	0.00
	CC06	VIENTO Y	Min	-0.81	-2.38	-26.08	-1.26	-0.60	0.00
	CC06	LIVE		-0.97	-0.95	-5.77	0.65	-0.72	0.00
	CC09	DEAD		-1.03	-0.94	24.11	0.64	-0.75	0.00
	CC09	SX	Max	1.69	0.49	5.84	0.34	1.24	0.00
	CC09	SY	Max	0.88	1.67	18.31	1.14	0.65	0.00
	CC09	VIENTO X	Max	1.51	1.45	22.55	0.81	1.12	0.00
	CC09	VIENTO X	Min	-1.67	-1.18	-30.90	-1.00	-1.26	0.00
	CC09	VIENTO Y	Max	1.50	1.82	34.57	1.65	1.10	0.00
	CC09	VIENTO Y	Min	-0.79	-2.38	-30.99	-1.26	-0.58	0.00
	CC09	LIVE		-0.99	-0.95	20.91	0.65	-0.73	0.00
	CC10	DEAD		-1.03	-0.94	26.98	0.64	-0.75	0.00
	CC10	SX	Max	1.69	0.49	15.83	0.34	1.24	0.00
CC10	SY	Max	0.89	1.67	11.44	1.14	0.65	0.00	
CC10	VIENTO X	Max	1.51	1.45	30.82	0.82	1.12	0.00	
CC10	VIENTO X	Min	-1.68	-1.19	-34.84	-1.00	-1.27	0.00	
CC10	VIENTO Y	Max	1.50	1.82	25.26	1.65	1.11	0.00	
CC10	VIENTO Y	Min	-0.79	-2.38	-34.84	-1.26	-0.59	0.00	
CC10	LIVE		-0.99	-0.95	23.50	0.65	-0.73	0.00	
CC11	DEAD		-1.02	-0.94	20.40	0.64	-0.75	0.00	
CC11	SX	Max	1.70	0.49	19.38	0.34	1.24	0.00	
CC11	SY	Max	0.90	1.68	11.63	1.15	0.66	0.00	
CC11	VIENTO X	Max	1.52	1.45	23.42	0.82	1.12	0.00	
CC11	VIENTO X	Min	-1.68	-1.19	-24.56	-1.00	-1.27	0.00	
CC11	VIENTO Y	Max	1.50	1.82	16.52	1.65	1.11	0.00	
CC11	VIENTO Y	Min	-0.81	-2.38	-24.56	-1.26	-0.59	0.00	
CC11	LIVE		-0.99	-0.95	16.77	0.65	-0.73	0.00	
CC14	DEAD		-1.03	-0.95	1.26	0.65	-0.76	0.00	

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS PRINCIPALES									
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
C-01	CP01	DEAD	LinStatic		-19.885	5.3558	14.5732	-5.22397	-16.75274	-0.65304
	CP01	SX	LinRespSpec	Max	1.6042	0.462	0.8255	1.84035	8.83157	0.29208
	CP01	SY	LinRespSpec	Max	1.6281	2.312	1.0797	4.2772	4.84035	1.81654
	CP01	VIENTO X	Combination	Max	19.6579	2.0407	11.3937	5.01284	28.70598	0.34701
	CP01	VIENTO X	Combination	Min	-9.42	-4.1481	-16.6381	-5.42228	-30.74149	-0.27256
	CP01	VIENTO Y	Combination	Max	19.6579	6.5677	12.6233	13.03766	20.1868	4.52164
	CP01	VIENTO Y	Combination	Min	-11.6143	-5.554	-16.6381	-13.2588	-21.72818	-4.39727
	CP01	LIVE	LinStatic		-18.3899	5.2024	13.7467	-5.16992	-15.44003	-0.75006
C-03	CP02	DEAD	LinStatic		-23.7524	-2.7443	19.3097	1.62069	-20.49101	-1.26167
	CP02	SX	LinRespSpec	Max	1.5583	0.6306	2.032	1.87531	6.9464	0.27751
	CP02	SY	LinRespSpec	Max	1.6044	2.3956	1.2571	3.93351	4.26977	2.0916
	CP02	VIENTO X	Combination	Max	25.4216	3.0593	21.7415	7.53655	24.67845	0.76989
	CP02	VIENTO X	Combination	Min	-16.018	-2.9047	-24.8446	-7.58815	-27.31488	-0.95998
	CP02	VIENTO Y	Combination	Max	25.4216	6.4067	13.8709	8.93448	9.91687	5.28679
	CP02	VIENTO Y	Combination	Min	-13.2701	-7.2989	-24.8446	-8.96107	-9.09227	-5.40852
	CP02	LIVE	LinStatic		-23.0997	-2.4336	19.3157	1.05403	-19.52614	-1.36518
C-05	CP03	DEAD	LinStatic		-17.1047	-14.6098	17.8272	12.23976	-12.63605	1.95076
	CP03	SX	LinRespSpec	Max	1.6987	0.924	1.4088	2.85423	7.47916	1.07854
	CP03	SY	LinRespSpec	Max	2.071	1.867	1.7418	5.80204	6.18705	1.40088
	CP03	VIENTO X	Combination	Max	16.3561	13.225	16.6165	18.156	32.22272	1.10384
	CP03	VIENTO X	Combination	Min	-10.8075	-7.1118	-20.9353	-17.37566	-32.78575	-0.91546
	CP03	VIENTO Y	Combination	Max	16.3561	13.225	16.8296	15.81376	23.78876	2.43062
	CP03	VIENTO Y	Combination	Min	-8.9309	-7.0631	-20.9353	-15.64047	-19.50295	-2.25033
	CP03	LIVE	LinStatic		-15.7518	-14.0761	17.5199	11.48526	-10.67755	2.08799
C-07	CP04	DEAD	LinStatic		-7.4125	-13.1613	12.952	9.31735	-4.44882	0.6776
	CP04	SX	LinRespSpec	Max	2.393	1.0486	0.7135	2.82967	4.5614	1.02847
	CP04	SY	LinRespSpec	Max	1.0344	2.703	1.6954	6.90879	3.35417	0.80066
	CP04	VIENTO X	Combination	Max	7.1221	10.3308	7.8142	23.86478	21.13795	0.9691
	CP04	VIENTO X	Combination	Min	-8.8734	-7.6014	-12.867	-24.43626	-20.73487	-0.9767
	CP04	VIENTO Y	Combination	Max	6.6527	10.3308	6.0098	23.67923	17.3704	1.88199
	CP04	VIENTO Y	Combination	Min	-3.9686	-9.6819	-12.867	-27.66203	-11.64155	-1.8789
	CP04	LIVE	LinStatic		-6.5736	-12.1157	12.0775	8.14006	-3.48248	0.71384
C-09	CP05	DEAD	LinStatic		-1.8364	-13.3244	10.5876	11.82143	-1.30361	0.37993
	CP05	SX	LinRespSpec	Max	2.6016	0.822	0.3099	2.40161	3.40167	0.80441
	CP05	SY	LinRespSpec	Max	0.7461	2.6689	0.8956	6.97457	1.0811	0.46866
	CP05	VIENTO X	Combination	Max	5.4736	10.0965	5.0868	21.33352	9.53008	1.30155
	CP05	VIENTO X	Combination	Min	-6.0041	-8.25	-9.9109	-20.49899	-9.71817	-1.24307
	CP05	VIENTO Y	Combination	Max	2.0884	10.0965	4.1992	23.30147	4.31884	0.94361
	CP05	VIENTO Y	Combination	Min	-1.56	-10.1937	-9.9109	-22.36308	-2.01516	-0.87673
	CP05	LIVE	LinStatic		-1.5015	-12.0719	9.5888	11.0612	-1.0366	0.40476
C-11	CP06	DEAD	LinStatic		2.1247	-11.2029	9.6928	6.59956	1.07101	-0.0767
	CP06	SX	LinRespSpec	Max	1.3468	0.7663	0.3272	2.06426	2.16246	0.75264
	CP06	SY	LinRespSpec	Max	0.51	1.6949	0.5343	4.17671	0.98737	0.28499
	CP06	VIENTO X	Combination	Max	3.4316	9.084	4.0368	0.36464	3.82269	1.62805
	CP06	VIENTO X	Combination	Min	-2.9374	-3.8053	-9.4804	-0.73068	-3.95354	-1.64653
	CP06	VIENTO Y	Combination	Max	2.3038	9.084	4.0554	21.59023	4.9944	0.46324
	CP06	VIENTO Y	Combination	Min	-1.8149	-9.4407	-9.4804	-21.28472	-5.04982	-0.47859
	CP06	LIVE	LinStatic		1.8282	-9.7762	8.574	5.61999	0.86077	-0.08427
C-13	CP07	DEAD	LinStatic		7.904	-13.6804	12.6108	7.96237	3.88881	-0.33671
	CP07	SX	LinRespSpec	Max	2.3564	1.3707	0.6544	3.86792	4.48779	0.72926
	CP07	SY	LinRespSpec	Max	1.1045	1.9371	0.9408	4.49636	2.76247	0.34256
	CP07	VIENTO X	Combination	Max	8.5386	11.9156	7.1415	19.75723	17.39125	1.13445
	CP07	VIENTO X	Combination	Min	-7.3553	-7.8186	-12.7924	-19.03399	-17.13757	-1.1418
	CP07	VIENTO Y	Combination	Max	6.742	11.9156	6.654	22.73985	15.48221	0.81964
	CP07	VIENTO Y	Combination	Min	-7.2412	-9.3877	-12.7924	-21.69758	-14.96166	-0.0989
	CP07	LIVE	LinStatic		7.0204	-12.4726	11.6183	7.03344	3.16239	-0.38228
C-15	CP08	DEAD	LinStatic		16.3832	-13.9894	15.7636	12.25516	12.99939	-1.52968
	CP08	SX	LinRespSpec	Max	1.7899	0.8683	0.9273	3.71674	7.52163	0.91312
	CP08	SY	LinRespSpec	Max	1.4748	2.0497	1.3375	5.40231	5.66623	0.98436
	CP08	VIENTO X	Combination	Max	10.1583	13.0184	13.2614	14.99219	28.27184	1.57693
	CP08	VIENTO X	Combination	Min	-15.4292	-7.1961	-17.9347	-13.07147	-26.40278	-1.82915
	CP08	VIENTO Y	Combination	Max	8.0288	13.0184	12.696	16.85638	24.61266	1.27782
	CP08	VIENTO Y	Combination	Min	-15.4292	-5.6052	-17.9347	-17.25546	-24.76739	-0.87613
	CP08	LIVE	LinStatic		14.89	-13.1488	14.9304	11.76248	11.82863	-1.61806

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS PRINCIPALES									
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
C-17	CP09	DEAD	LinStatic		19.6022	-2.3807	16.5654	1.02543	14.20021	0.96313
	CP09	SX	LinRespSpec	Max	1.4573	1.232	1.4791	2.82304	6.37773	0.91914
	CP09	SY	LinRespSpec	Max	1.1146	1.78	1.1653	3.2571	2.35221	1.65433
	CP09	VIENTO X	Combination	Max	8.8779	2.0663	15.6003	6.51919	27.47896	0.36384
	CP09	VIENTO X	Combination	Min	-18.9812	-2.0185	-19.865	-7.20983	-27.55893	-0.79601
	CP09	VIENTO Y	Combination	Max	11.961	2.9939	17.1234	8.7698	19.28953	2.73239
	CP09	VIENTO Y	Combination	Min	-18.9812	-3.5433	-19.865	-9.18615	-28.97449	-2.5566
	CP09	LIVE	LinStatic		18.4965	-2.1371	16.0064	0.72691	13.14081	0.91699
C-19	CP10	DEAD	LinStatic		17.3253	4.0477	14.4667	-2.54453	8.99268	0.15813
	CP10	SX	LinRespSpec	Max	2.1993	2.1149	0.8801	2.29809	8.63856	0.96378
	CP10	SY	LinRespSpec	Max	1.4337	3.7454	0.8229	4.9482	3.35408	1.72186
	CP10	VIENTO X	Combination	Max	10.6884	1.9277	10.3916	7.24593	35.56104	0.11478
	CP10	VIENTO X	Combination	Min	-15.7861	-3.7026	-16.3005	-6.52049	-39.18353	-0.10264
	CP10	VIENTO Y	Combination	Max	7.8245	7.7695	6.7988	8.22944	3.65767	2.78197
	CP10	VIENTO Y	Combination	Min	-15.7861	-6.8916	-16.3005	-8.01187	-5.20726	-2.80434
	CP10	LIVE	LinStatic		16.0478	3.7575	13.6226	-2.25336	7.77729	0.12284
C-21	CP11	DEAD	LinStatic		26.87	17.101	18.9984	-8.88602	14.00346	-0.5534
	CP11	SX	LinRespSpec	Max	2.8869	2.041	1.8367	3.93824	6.67096	1.16069
	CP11	SY	LinRespSpec	Max	2.4085	2.7127	1.5884	5.78058	5.49788	1.89357
	CP11	VIENTO X	Combination	Max	12.7699	9.1851	16.1331	21.66097	34.54097	0.531
	CP11	VIENTO X	Combination	Min	-29.6128	-19.0995	-23.5014	-23.39906	-31.925	-0.26
	CP11	VIENTO Y	Combination	Max	13.3735	10.0384	16.8069	22.10177	28.39693	2.94119
	CP11	VIENTO Y	Combination	Min	-29.6128	-19.0995	-23.5014	-22.95506	-27.00828	-3.12445
	CP11	LIVE	LinStatic		25.5443	16.1686	18.4125	-7.98685	12.82519	-0.59425
C-23	CP12	DEAD	LinStatic		7.341	13.9222	13.6198	-12.84963	5.77683	1.38261
	CP12	SX	LinRespSpec	Max	1.1563	0.9226	0.9753	2.51728	3.08725	1.41629
	CP12	SY	LinRespSpec	Max	0.7085	1.4136	0.5558	6.3885	3.04589	1.25642
	CP12	VIENTO X	Combination	Max	4.3954	5.7054	11.8211	14.82553	13.34597	0.92631
	CP12	VIENTO X	Combination	Min	-6.8643	-11.5952	-15.0912	-15.89439	-12.72664	-0.91153
	CP12	VIENTO Y	Combination	Max	3.1974	4.8001	11.3836	17.12646	9.47717	1.54341
	CP12	VIENTO Y	Combination	Min	-6.8643	-11.5952	-15.0912	-17.48737	-9.29916	-1.56709
	CP12	LIVE	LinStatic		6.6181	12.9607	13.0037	-12.12467	5.07113	1.39309
C-25	CP13	DEAD	LinStatic		1.8846	15.0411	12.4476	-9.91892	0.91206	0.13827
	CP13	SX	LinRespSpec	Max	2.3612	0.9897	0.4171	1.9979	2.88185	0.77935
	CP13	SY	LinRespSpec	Max	1.2758	2.8103	0.9877	7.85156	1.84207	0.65015
	CP13	VIENTO X	Combination	Max	5.5883	10.9874	6.9801	27.55459	8.92934	0.66852
	CP13	VIENTO X	Combination	Min	-4.6777	-12.1464	-12.3927	-26.61839	-8.47047	-0.44363
	CP13	VIENTO Y	Combination	Max	2.1319	9.2593	7.121	23.24603	4.31368	1.02953
	CP13	VIENTO Y	Combination	Min	-3.0351	-12.1464	-12.3927	-22.96185	-3.7082	-1.24256
	CP13	LIVE	LinStatic		1.5259	13.7512	11.572	-8.97524	0.60365	0.15207
C-27	CP14	DEAD	LinStatic		-2.5927	11.8688	10.5266	-4.79284	-1.20738	0.00166
	CP14	SX	LinRespSpec	Max	2.0163	0.7029	0.581	1.16752	2.5931	0.70018
	CP14	SY	LinRespSpec	Max	1.1148	2.8756	1.2211	5.34718	1.59748	0.3985
	CP14	VIENTO X	Combination	Max	2.5472	8.5954	5.9913	8.17394	3.22593	1.24212
	CP14	VIENTO X	Combination	Min	-2.8096	-9.1736	-9.562	-6.91801	-2.83875	-1.36732
	CP14	VIENTO Y	Combination	Max	1.2027	9.5733	3.9015	19.74908	4.34185	0.38127
	CP14	VIENTO Y	Combination	Min	-1.4614	-9.1736	-9.562	-19.1548	-3.91658	-0.41118
	CP14	LIVE	LinStatic		-2.3249	10.4771	9.4494	-3.88184	-1.04646	0.00459
C-29	CP15	DEAD	LinStatic		-6.4673	11.2521	10.0848	-5.60214	-2.57501	-0.24335
	CP15	SX	LinRespSpec	Max	1.9226	0.9426	0.5434	2.51502	3.43102	0.62036
	CP15	SY	LinRespSpec	Max	1.1186	2.225	0.9362	3.97781	2.23512	0.35465
	CP15	VIENTO X	Combination	Max	5.9153	6.7073	5.2091	16.0921	14.4976	1.11144
	CP15	VIENTO X	Combination	Min	-7.3028	-9.5943	-9.8714	-16.54475	-14.58642	-1.18311
	CP15	VIENTO Y	Combination	Max	5.6404	8.7673	4.163	16.30821	9.80966	0.21149
	CP15	VIENTO Y	Combination	Min	-4.8785	-9.5943	-9.8714	-16.63245	-9.81135	-0.56532
	CP15	LIVE	LinStatic		-5.51	9.9203	8.9042	-4.85534	-1.97496	-0.2794
C-31	CP16	DEAD	LinStatic		-12.3071	10.6725	12.9695	-7.05544	-6.86641	-0.43336
	CP16	SX	LinRespSpec	Max	2.9114	1.2502	0.6317	3.67888	7.04659	0.45473
	CP16	SY	LinRespSpec	Max	1.3211	1.7312	1.0181	3.98133	4.35233	0.53324
	CP16	VIENTO X	Combination	Max	10.5696	4.0971	9.4437	15.28167	28.81328	0.18263
	CP16	VIENTO X	Combination	Min	-11.2572	-8.6652	-13.8651	-14.92382	-27.86243	-0.29514
	CP16	VIENTO Y	Combination	Max	10.5696	6.976	7.6552	17.59153	22.92731	1.54431
	CP16	VIENTO Y	Combination	Min	-7.7823	-8.6652	-13.8651	-16.95164	-21.67909	-1.4329
	CP16	LIVE	LinStatic		-11.1366	10.0046	12.3096	-6.42446	-5.76016	-0.46948

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS PRINCIPALES									
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
					42.9858	55.2877	294.817	136.86619	134.16779	30.80882

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS SECUNDARIAS								
	Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
C-02	CS01	DEAD		-7.594	-0.407	10.725	1.152	-21.811	-0.463
	CS01	SX	Max	1.993	0.398	2.364	1.642	5.901	0.327
	CS01	SY	Max	1.306	0.533	1.589	2.889	3.645	0.371
	CS01	VIENTO X	Max	10.158	1.228	15.165	5.514	27.257	0.978
	CS01	VIENTO X	Min	-8.105	-1.483	-15.387	-4.598	-18.350	-1.146
	CS01	VIENTO Y	Max	10.158	1.278	15.662	8.228	27.257	0.959
	CS01	VIENTO Y	Min	-9.500	-1.655	-15.387	-6.766	-24.063	-0.972
	CS01	LIVE		-7.952	-0.427	10.783	1.197	-22.718	-0.493
C-04	CS02	DEAD		-4.031	-1.030	6.238	1.718	-11.486	0.661
	CS02	SX	Max	1.143	0.616	0.858	2.490	4.042	0.349
	CS02	SY	Max	0.795	0.734	0.495	3.458	2.997	0.739
	CS02	VIENTO X	Max	3.839	2.484	2.752	10.202	10.737	2.327
	CS02	VIENTO X	Min	-3.634	-2.367	-5.692	-11.503	-12.374	-1.895
	CS02	VIENTO Y	Max	3.839	0.502	6.116	4.292	10.509	1.684
	CS02	VIENTO Y	Min	-3.906	-0.389	-5.692	-5.023	-10.819	-1.826
	CS02	LIVE		-4.249	-1.087	6.077	1.801	-12.023	0.680
C-06	CS03	DEAD		-1.866	-4.090	8.295	11.646	-3.511	-0.954
	CS03	SX	Max	0.425	0.442	0.409	1.661	2.080	0.234
	CS03	SY	Max	0.520	0.678	1.536	2.127	1.651	0.296
	CS03	VIENTO X	Max	2.759	4.834	11.843	8.022	6.015	0.990
	CS03	VIENTO X	Min	-1.314	-4.008	-11.757	-11.834	-4.739	-0.663
	CS03	VIENTO Y	Max	2.759	4.834	11.825	5.107	6.015	0.990
	CS03	VIENTO Y	Min	-2.502	-3.364	-11.757	-11.834	-5.950	-0.911
	CS03	LIVE		-1.728	-4.083	7.817	11.545	-3.055	-0.964
C-08	CS04	DEAD		-1.118	-2.166	5.192	5.580	-3.012	0.241
	CS04	SX	Max	0.267	0.268	0.320	0.763	1.713	0.168
	CS04	SY	Max	0.197	0.404	1.137	0.631	0.742	0.099
	CS04	VIENTO X	Max	1.378	2.532	7.515	3.276	3.947	0.352
	CS04	VIENTO X	Min	-0.634	-1.960	-6.880	-5.698	-3.604	-0.322
	CS04	VIENTO Y	Max	1.378	2.532	7.418	2.393	3.975	0.649
	CS04	VIENTO Y	Min	-1.346	-1.909	-6.880	-5.698	-4.428	-0.570
	CS04	LIVE		-1.033	-1.960	4.247	5.059	-2.753	0.247
C-10	CS05	DEAD		-0.601	-2.386	4.776	5.947	-1.900	0.316
	CS05	SX	Max	0.332	0.093	0.286	0.188	1.800	0.262
	CS05	SY	Max	0.290	0.415	1.034	0.666	1.022	0.193
	CS05	VIENTO X	Max	0.681	2.901	7.194	5.165	3.628	0.606
	CS05	VIENTO X	Min	-0.814	-2.597	-6.278	-6.767	-4.071	-0.561
	CS05	VIENTO Y	Max	0.497	2.901	6.640	4.167	1.664	0.122
	CS05	VIENTO Y	Min	-0.416	-2.388	-6.209	-6.767	-1.599	-0.387
	CS05	LIVE		-0.619	-2.137	3.761	5.341	-1.946	0.322
C-12	CS06	DEAD		0.257	-1.779	4.245	4.564	0.000	0.345
	CS06	SX	Max	0.195	0.200	0.306	0.574	1.327	0.223
	CS06	SY	Max	0.334	0.418	0.993	0.657	1.151	0.164
	CS06	VIENTO X	Max	0.396	2.263	6.048	4.651	2.585	0.554
	CS06	VIENTO X	Min	-0.580	-2.045	-5.748	-5.320	-2.324	-0.463
	CS06	VIENTO Y	Max	0.806	2.263	6.435	2.721	2.704	0.387
	CS06	VIENTO Y	Min	-0.580	-1.790	-5.805	-5.320	-0.906	-0.511
	CS06	LIVE		0.141	-1.531	3.222	3.946	-0.314	0.350
C-14	CS07	DEAD		2.522	-2.603	6.510	7.018	6.376	-0.069
	CS07	SX	Max	0.383	0.386	0.760	1.081	1.591	0.154
	CS07	SY	Max	0.410	0.390	1.155	0.795	1.205	0.154
	CS07	VIENTO X	Max	2.401	2.961	9.022	4.133	4.178	0.316
	CS07	VIENTO X	Min	-3.588	-2.209	-8.916	-6.581	-9.788	-0.256
	CS07	VIENTO Y	Max	3.079	2.961	8.641	3.954	8.233	1.042
	CS07	VIENTO Y	Min	-3.588	-1.790	-8.916	-6.581	-9.788	-1.296
	CS07	LIVE		2.406	-2.479	5.821	6.655	6.070	-0.093
C-16	CS08	DEAD		3.550	-0.382	5.076	-0.631	10.591	-1.006
	CS08	SX	Max	0.643	0.489	0.410	2.527	2.701	0.460

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS SECUNDARIAS								
	Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
C-16	CS08	SY	Max	0.710	0.511	0.555	2.653	2.458	0.614
	CS08	VIENTO X	Max	2.088	1.620	3.269	6.647	7.809	1.885
	CS08	VIENTO X	Min	-3.716	-1.447	-5.014	-8.070	-10.854	-1.402
	CS08	VIENTO Y	Max	1.514	2.112	3.319	9.400	5.025	1.944
	CS08	VIENTO Y	Min	-3.716	-1.963	-5.014	-10.711	-10.854	-2.254
	CS08	LIVE		3.666	-0.387	4.675	-0.685	10.925	-1.027
C-18	CS09	DEAD		4.870	-0.081	8.222	-0.122	13.482	0.148
	CS09	SX	Max	0.768	0.123	1.079	0.918	2.351	0.122
	CS09	SY	Max	0.430	0.253	0.556	1.783	1.214	0.154
	CS09	VIENTO X	Max	4.117	0.331	10.907	1.364	7.550	0.850
	CS09	VIENTO X	Min	-6.061	-0.440	-11.273	-0.999	-15.319	-0.696
	CS09	VIENTO Y	Max	5.055	0.368	10.978	2.578	11.817	0.370
	CS09	VIENTO Y	Min	-6.061	-0.443	-11.273	-2.420	-15.319	-0.336
	CS09	LIVE		4.887	-0.094	7.749	-0.058	13.497	0.184
C-20	CS10	DEAD		5.153	1.023	7.818	-1.827	14.076	0.788
	CS10	SX	Max	0.825	0.410	1.251	1.503	2.418	0.317
	CS10	SY	Max	0.804	0.395	1.022	1.830	2.364	0.172
	CS10	VIENTO X	Max	5.170	0.889	10.762	2.101	10.366	0.891
	CS10	VIENTO X	Min	-6.842	-1.354	-10.701	-0.870	-17.639	-1.145
	CS10	VIENTO Y	Max	6.454	1.043	11.060	2.101	16.359	0.726
	CS10	VIENTO Y	Min	-6.842	-1.354	-10.701	-1.297	-17.639	-1.145
	CS10	LIVE		5.200	0.987	7.377	-1.701	14.157	0.815
C-22	CS11	DEAD		3.300	5.041	7.334	-14.483	7.087	-1.234
	CS11	SX	Max	0.831	1.256	1.313	3.961	3.148	0.707
	CS11	SY	Max	0.988	1.924	1.787	6.215	2.535	0.766
	CS11	VIENTO X	Max	1.481	5.760	6.981	20.755	7.015	2.720
	CS11	VIENTO X	Min	-2.899	-7.053	-8.280	-16.688	-6.216	-3.009
	CS11	VIENTO Y	Max	2.533	5.969	8.833	20.755	2.643	2.702
	CS11	VIENTO Y	Min	-2.899	-7.053	-8.280	-15.781	-2.576	-2.090
	CS11	LIVE		3.438	5.282	7.116	-15.173	7.330	-1.305
C-24	CS12	DEAD		1.916	4.258	8.049	-11.144	5.275	0.543
	CS12	SX	Max	0.228	0.301	0.545	0.834	1.273	0.252
	CS12	SY	Max	0.419	0.800	1.476	1.946	1.576	0.278
	CS12	VIENTO X	Max	2.666	4.042	11.188	11.631	7.973	0.863
	CS12	VIENTO X	Min	-3.274	-5.117	-11.059	-7.866	-11.066	-1.006
	CS12	VIENTO Y	Max	3.192	3.893	10.860	11.631	11.679	1.210
	CS12	VIENTO Y	Min	-3.274	-5.117	-11.059	-6.646	-11.066	-1.026
	CS12	LIVE		1.920	4.252	7.613	-11.066	5.328	0.573
C-26	CS13	DEAD		-0.134	2.170	4.753	-5.292	-0.606	0.028
	CS13	SX	Max	0.192	0.202	0.371	0.463	1.418	0.118
	CS13	SY	Max	0.090	0.445	1.070	0.680	0.656	0.087
	CS13	VIENTO X	Max	0.274	2.123	6.737	5.959	1.671	0.063
	CS13	VIENTO X	Min	-0.240	-2.668	-6.119	-3.820	-1.358	-0.108
	CS13	VIENTO Y	Max	0.285	2.141	6.685	5.959	2.184	0.239
	CS13	VIENTO Y	Min	-0.252	-2.668	-6.098	-3.588	-1.870	-0.207
	CS13	LIVE		-0.126	1.920	3.701	-4.679	-0.574	0.039
C-28	CS14	DEAD		0.039	1.989	3.869	-4.944	1.271	0.710
	CS14	SX	Max	0.244	0.238	0.264	0.709	1.418	0.204
	CS14	SY	Max	0.463	0.322	0.925	0.517	1.660	0.287
	CS14	VIENTO X	Max	0.547	2.230	4.615	5.818	3.605	0.785
	CS14	VIENTO X	Min	-0.618	-2.435	-4.867	-5.394	-3.337	-0.667
	CS14	VIENTO Y	Max	0.497	2.169	5.993	5.818	1.594	0.413
	CS14	VIENTO Y	Min	-0.568	-2.435	-5.005	-4.133	-0.926	-0.653
	CS14	LIVE		0.185	1.757	2.746	-4.395	1.699	0.747
C-30	CS15	DEAD		-2.142	2.174	5.662	-5.667	-5.089	-0.045
	CS15	SX	Max	0.154	0.335	0.682	0.978	0.884	0.134
	CS15	SY	Max	0.275	0.294	0.745	0.690	0.822	0.080
	CS15	VIENTO X	Max	2.636	2.004	7.702	5.775	6.312	0.099

COLUMNAS	REACCIONES PARA COLUMNAS SECUNDARIAS								
	Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
C-30	CS15	VIENTO X	Min	-1.812	-2.554	-7.154	-3.893	-3.159	-0.154
	CS15	VIENTO Y	Max	2.636	1.770	7.408	5.775	6.312	0.496
	CS15	VIENTO Y	Min	-2.343	-2.554	-7.154	-3.323	-5.733	-0.533
	CS15	LIVE		-1.957	1.992	4.673	-5.225	-4.611	-0.050
C-32	CS16	DEAD		-4.075	1.585	6.484	-4.110	-11.148	-0.200
	CS16	SX	Max	0.653	0.329	0.511	1.529	2.604	0.258
	CS16	SY	Max	0.823	0.498	0.977	2.338	2.316	0.334
	CS16	VIENTO X	Max	5.370	1.017	6.543	4.088	14.736	0.529
	CS16	VIENTO X	Min	-2.951	-1.121	-8.073	-4.224	-6.026	-0.599
	CS16	VIENTO Y	Max	5.370	1.108	7.277	6.220	14.736	1.004
	CS16	VIENTO Y	Min	-4.095	-1.121	-8.073	-6.216	-10.170	-1.100
	CS16	LIVE		-4.016	1.586	5.952	-4.125	-10.900	-0.184
				15.382	20.213	222.245	29.510	58.546	8.565



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
"EVALUACION ESTRUCTURAL DE ALMACEN ENCAPSULADO DE PLOMO
EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA
PERUBAR, CALLAO, 2022"

ANEXO A.
REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Aprobado por:

Gerente de Proyecto: : Ing. Daryle Cotrado _____
Jefe de Disciplina : Ing. Martín Pisconte _____
Cliente : PeruBar SAC _____

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
0	2/02/2022	Emitido para Construcción	CMC	DCF	DCF

Comentarios:



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA.
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C -3

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato		
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO				
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			<ul style="list-style-type: none"> * En este tramo los daños son superficiales, afectando el recubrimiento de la columna. * Se muestran algunas huellas dejadas por el cargador frontal. 		
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			<ul style="list-style-type: none"> * la perdida de concreto en estos puntos varianre 5 y 8 cm. * Se observan vacios generados por el agregado grueso y a su vez se desprende con facilidad. 		
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			<ul style="list-style-type: none"> * La columna muestra acero corroido por la perdida de concreto ya que no tiene protección. * El concreto desgastado por los equipos muestra profundidades entre los 10.3 y 12 cm, dejando al desbierto el acero de refuerzo. El recubrimiento en algunos puntos es de 0.3 a 1.2 cm de espesor. 		
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45					<ul style="list-style-type: none"> * El desgaste y la perdida del concreto por la fricción del cargador frontal muestra perdidas con profundidades que varian entre los 8.5 y 10 cm. * El agregado grueso se desprende con facilidad al realizar limpieza mecanica con escobilla metalica.
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00					<ul style="list-style-type: none"> La perdida de concreto en la parte inferior de la columna varia entre los 6.3 y 9 cm. Asimismo, se observan barras de acero corroidas.



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C - 4

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			* en esta zona observamos daños menores con perdida de concreto de 1.3 cm de profundidad. A consecuencia de la fricción del cargador frontal con la columna.
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			* En esta zona desgastada el agregado grueso se desprende con facilidad, en tal sentido la perdida que se tiene en este tramo varia entre los 4 y 8 cm.
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			* El acero de refuerzo presenta oxidación. *La perdida de concreto en este punto es de 4 a 9 cm. El agregado grueso se desprende con facilidad.
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45			* Se observan zonas segregadas en la columna donde el agregado grueso se desprende con facilidad de la columna. * Aquí la sección perdio entre 6.5 y 8.8 cm de concreto.
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00			* Se observa una varilla de acero rota, con presencia de oxido. * En esta parte de la columna la arista no se puede apreciar ya que se perdio entre 6.5 y 9.5cm de concreto en los puntos mas desfavorables.

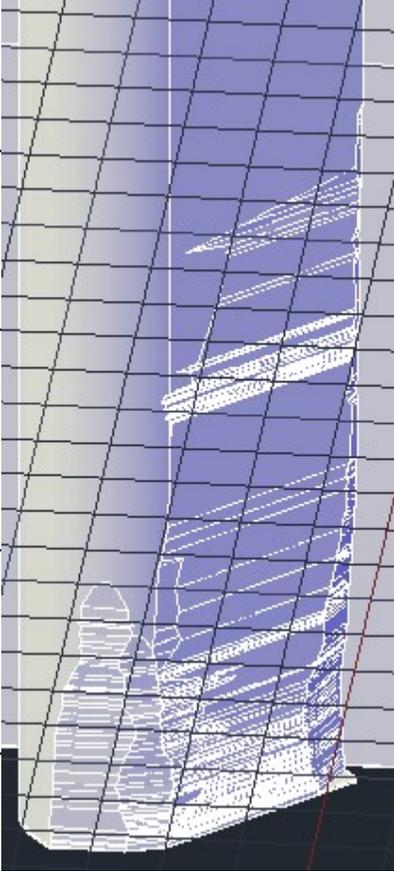


“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA.
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C - 5

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			* En este tramo la perdida de concreto varia entre los 0.4cm y los 1.1cm. La superficie al friccionar o limpiar pierde agregado fino.
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			* El recubrimiento en este punto muestra valores entre los 2.5 y 4.1 cm. Se muestran huellas dejadas por la operación del cargador frontal.
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			* Al limpiar las columnas con herramientas mecanicas, se observa desprendimiento del agregado fino. Las profundidades que se perdieron en este punto varian entre los 0.8 y 1.3 cm.
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45			* El daño encontrado en esta parte corresponde a la perdida de concreto mostrando pérdida de concreto entre 1.2 cm y 5.3 cm. Las huellas mostradas en la cara izquierda de la columna corresponden al desgaste generado por la columna.
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00			* El daño encontrado en la parte inferior de la columna es la pérdida de concreto, la profundidad del elemento varia entre 6.3 y 7.3 cm. * Se observa el desgaste del recubrimiento por la fricción generada por el cargador, encontrando capas entre 0.4 a 0.9 cm de espesor.



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA.
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C -17

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			* En este tramo la perdida de concreto es minima , los daños son puntuales y con profundidad entre los 0.3 y 0.5 cm
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			* El elemento muestra una perdida considerable de concreto en la parte curva del elemento. Las caras laterales del elemento muestras huellas dejadas por el cargador frontal utilizado para la manipulación del mineral en el almacen. Las perdidas varian gradualmente entre los 0.5, 4.5 y 7.5 cm
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			* El concreto se desprende con facilidad en algunos puntos de la columna y la perdida de concreto en profundidad varia entre los 5.6 y 7.3 cm. * El recubrimiento de algunos puntos varia entre 2 y 3.4 cm.
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45			* El volumen de concreto se redujo de manera considerable entre 5.6 y 7.2 cm.
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00			* En la base de la estructura se muestra una perdida considerable de concreto entre los 6.7 y 7.2 cm, esta perdida de concreto muestra el acero de refuerzo con cierta oxidación.



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C-20

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			* Entre el 1.80m y 2.20m. Se ve solo daños en las aristas del elemento, la pérdida de concreto en estos puntos varia entre los 2 y 2.5 cm. * Se pueden apreciar huellas del cargador frontal los mismos que van generando una reducción del recubrimiento.
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			* Se observa pérdida en la sección en la arista de las columnas. Los puntos mas desfavorables estan en un rango de 3 a 4cm.
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			* La pérdida de concreto muestra la parte interna de la columna. Esta deja ver pequeños vacios formados por el agregado grueso. * La pérdida de concreto en estos puntos varia entre 3.9 y 4.9 cm, de profundidad.
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45			* Se observan huellas dejadas por la operación del cargador frontal en el elemento, esto afecta al acero de refuerzo ya que reduce su vida util. * Al pasar el detector de barras de refuerzo en algunos puntos se observa que el recubrimiento en algunos puntos varia entre 0.4 y 0.85 cm.
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00			* Reducción de la sección de concreto entre el nivel de piso y los 40cm, la pérdida del concreto en estos puntos varia entre los 10 y 11cm. Exposición de acero de refuerzo con presencia de oxido, reducción de la sección y rotura de barra de acero de refuerzo.



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitud	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA.
Ubicació	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 18/12/2021		

COLUMNA (C) C-C

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		

2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80 1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35 1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90 0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00			<p>* La columna C-27, solo pudo ser evaluada por la parte externa ya que por la parte interior no se tiene acceso por la gran cantidad de material acopiado al interior del Almacén. El elemento muestra una superficie sin daños ni deterioro. * Se obtuvieron datos con los equipos de ultra sonido y se obtuvo una muestra de diamantina.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del analisis	: 2.20
Solicitud	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA.
Ubicació	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C -21

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		
2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80			Entre el 1.80m y 2.20m. Se ve solo daños casi muy leve de algunas zonas de la columna 12mm a 22mm
1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35			La perda de la sección en este punto de lado izquierdo de la columna mayor daño de 103mm y por en centro de la columna una perda de 77mm
1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90			Se observa perdida en la sección de concreto, se observan huellas dejadas por la operación del cargador frontal en el elemento expuesto el acero de refuerzo con mas claridad y los estrivos una perdida mayor en toda la columna 120mm a 115mm
0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45			Se observa perdida en la sección de concreto, se puede observar que en recubrimiento de la columna dañado tanto que ya se observa aparecion de barras de acero daño entre 69mm a 75mm
0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00		Reducción de la sección de concreto entre el nivel de piso y los 40cm. Exposición de acero de refuerzo con presencia de oxido, reducción de la sección y rotura de barra de acero El elemento perdio sección de 88mm a 78mm	



“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

REGISTRO DE SONDAJE DE COLUMNAS

Estudio	: INSPECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE DAÑOS DE COLUMNAS EN EL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Altura promedio del análisis	: 2.20
Solicitado	: PERUBAR SA.	Técnico	: -
Proyecto	: REINGENIERIA DE COLUMNAS DEL ENCAPSULADO DE PLOMO.	Responsable	: CRISTIAN MAQUERA
Ubicación	: ULC. PERUBAR SA. AV. NESTOR GAMBETTA 983, CALLAO.		
Fecha	: 31/12/2021		

COLUMNA (C) C-C

Identificación de la Muestra		IMAGENES 3D	Descripción del estrato
Atura (m)	IMÁGENES DEL ELEMENTO		

2.20 2.15 2.10 2.05 2.00 1.95 1.90 1.85 1.80 1.75 1.70 1.65 1.60 1.55 1.50 1.45 1.40 1.35 1.30 1.25 1.20 1.15 1.10 1.05 1.00 0.95 0.90 0.85 0.80 0.75 0.70 0.65 0.60 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00	 	 	<p>* El elemento se muestra uniforme a lo largo de toda la sección. Esta no presenta perdida de concreto ya que esta columna no acopia mineral. Al encontrarse alejada del mineral los equipo pesados no friccionan la superficie generando desgaste sobre el elemento.</p> <p>* La superficie solo mostraba suciedad por estar en un ambiente cerrado mineral en el ambiente.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------	------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE
PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA
COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

ANEXO B.
EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Aprobado por:

Gerente de Proyecto: : Ing. Daryle Cotrado _____
Jefe de Disciplina : Ing. Martín Pisconte _____
Cliente : PeruBar SAC _____

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
0	2/02/2022	Emitido para Construcción	CMC	DCF	DCF

Comentarios:

**EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 1 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado**RESUMEN DE EVALUACIÓN DE COLUMNAS**

ELEMEN TO	Vs Prom	Vp Prom	E_Din Prom	E_Est Prom	f'c Prom	f'c Prom	CALIDAD
	m/s	m/s	MPa	MPa	MPa	kg/cm2	
Col - C	2266	3976	34218	23772	26	268	Bueno
Col - 03	2150	3905	33579	22973	28	290	Bueno
Col - 04	ANEXO B.	4289	40363	31454	52	528	Bueno
Col - 17	2351	4137	36993	27241	34	345	Bueno
Col - 20	2274	4005	35134	24918	32	324	Bueno
Col - 21	2299	3517	27965	15956	18	188	Cuestionable
	2268	3971	34709	24386	32	324	

CRITERIO DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO

Condición General	Velocidad de Pulso Vp
	m/s
Excelente	> 4575
Bueno	< 4575
Cuestionable	3050 < Vp < 3660
Pobre	2125 < Vp < 3050
Muy Pobre	< 2125



EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 2 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021

Elemento : Columna Central
Dimensiones : 40x60cm
Inspección por : J. Linares

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.400	186.1	0.0001861	2149
Punto 2	0.400	181.4	0.0001814	2205
Punto 3	0.400	184	0.0001840	2174
Punto 4	0.400	178.9	0.0001789	2236
Punto 5	0.400	182.8	0.0001828	2188
Punto 6	0.400	171.7	0.0001717	2330
Punto 7	0.400	165.2	0.0001652	2421
Punto 8	0.400	166.4	0.0001664	2404
Punto 9	0.400	174.7	0.0001747	2290
Punto 10	0.400	176.9	0.0001769	2261
Vs prom. =				2265.80

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.400	110.3	0.0001103	3626
Punto 2	0.400	105.6	0.0001056	3788
Punto 3	0.400	103.6	0.0001036	3861
Punto 4	0.400	101.3	0.0001013	3949
Punto 5	0.400	101.5	0.0001015	3941
Punto 6	0.400	96.1	0.0000961	4162
Punto 7	0.400	94.5	0.0000945	4233
Punto 8	0.400	94.8	0.0000948	4219
Punto 9	0.400	100.1	0.0001001	3996
Punto 10	0.400	100.4	0.0001004	3984
Vp prom. =				3975.95

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto

ρ = 2400 kg/m³

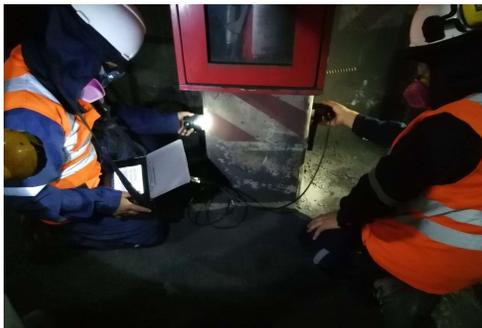
PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm ²
Punto 1	2149	3626	0.20	28407	16509	12.34	125.76
Punto 2	2205	3788	0.20	30992	19740	17.64	179.81
Punto 3	2174	3861	0.20	32200	21250	20.44	208.38
Punto 4	2236	3949	0.20	33679	23098	24.15	246.20
Punto 5	2188	3941	0.20	33546	22933	23.81	242.68
Punto 6	2330	4162	0.20	37422	27777	34.93	356.06
Punto 7	2421	4233	0.20	38700	29375	39.06	398.19
Punto 8	2404	4219	0.20	38455	29069	38.25	389.94
Punto 9	2290	3996	0.20	34491	24114	26.32	268.33
Punto 10	2261	3984	0.20	34285	23856	25.76	262.63
Valores prom =				34218	23772	26.27	267.80

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN





EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 3 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021

Elemento : Columna 03
Dimensiones : 65x1120cm
Inspección por : J. Linares

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.650	383.3	0.0003833	1696
Punto 2	0.650	307.4	0.0003074	2115
Punto 3	0.650	305.7	0.0003057	2126
Punto 4	0.650	390.2	0.0003902	1666
Punto 5	0.645	261.5	0.0002615	2467
Punto 6	0.650	273.7	0.0002737	2375
Punto 7	0.650	288.9	0.0002889	2250
Punto 8	0.650	279.9	0.0002799	2322
Punto 9	0.650	293.4	0.0002934	2215
Punto 10	0.650	286.5	0.0002865	2269
Vs prom. =				2150.01

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.650	268.70	0.0002687	2419
Punto 2	0.650	167.60	0.0001676	3878
Punto 3	0.650	150.50	0.0001505	4319
Punto 4	0.650	176.10	0.0001761	3691
Punto 5	0.645	148.40	0.0001484	4346
Punto 6	0.650	150.90	0.0001509	4307
Punto 7	0.650	174.50	0.0001745	3725
Punto 8	0.650	160.10	0.0001601	4060
Punto 9	0.650	157.50	0.0001575	4127
Punto 10	0.650	155.60	0.0001556	4177
Vp prom. =				3905.05

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto

ρ = 2400 kg/m3

PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm2
Punto 1	1696	2419	0.20	12640	-3200	0.46	4.73
Punto 2	2115	3878	0.20	32489	21611	21.14	215.52
Punto 3	2126	4319	0.20	40291	31364	44.53	453.93
Punto 4	1666	3691	0.20	29428	17785	14.32	145.96
Punto 5	2467	4346	0.20	40804	32005	46.37	472.69
Punto 6	2375	4307	0.20	40078	31097	43.78	446.24
Punto 7	2250	3725	0.20	29970	18463	15.43	157.30
Punto 8	2322	4060	0.20	35604	25505	29.45	300.18
Punto 9	2215	4127	0.20	36789	26986	32.97	336.07
Punto 10	2269	4177	0.20	37693	28116	35.79	364.80
Valores prom =				33579	22973	28.42	289.74

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN





EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 4 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021

Elemento : Columna 04
Dimensiones : 40x60cm
Inspección por : J. Linares

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.300	77.2	0.0000772	3886
Punto 2	0.300	76.6	0.0000766	3916
Punto 3	0.300	127.9	0.0001279	2346
Punto 4	0.300	125.7	0.0001257	2387
Punto 5	0.300	152	0.0001520	1974
Punto 6	0.300	170.5	0.0001705	1760
Punto 7	0.300	140.6	0.0001406	2134
Punto 8	0.300	100.6	0.0001006	2982
Punto 9	0.300	92.4	0.0000924	3247
Punto 10	0.300	92.4	0.0000924	3247
Vs prom. =				2787.72

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.300	61.00	0.0000610	4918
Punto 2	0.300	58.50	0.0000585	5128
Punto 3	0.300	63.30	0.0000633	4739
Punto 4	0.300	64.70	0.0000647	4637
Punto 5	0.300	70.70	0.0000707	4243
Punto 6	0.300	74.40	0.0000744	4032
Punto 7	0.300	83.10	0.0000831	3610
Punto 8	0.300	90.40	0.0000904	3319
Punto 9	0.300	73.20	0.0000732	4098
Punto 10	0.300	72.10	0.0000721	4161
Vp prom. =				4288.58

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto

ρ = 2400 kg/m³

PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm ²
Punto 1	3886	4918	0.20	52244	46305	97.06	989.44
Punto 2	3916	5128	0.20	56805	52006	122.44	1248.08
Punto 3	2346	4739	0.20	48516	41646	78.51	800.34
Punto 4	2387	4637	0.20	46440	39049	69.03	703.66
Punto 5	1974	4243	0.20	38892	29615	39.70	404.72
Punto 6	1760	4032	0.20	35120	24900	28.07	286.10
Punto 7	2134	3610	0.20	28151	16189	11.86	120.94
Punto 8	2982	3319	0.20	23788	10735	5.22	53.18
Punto 9	3247	4098	0.20	36281	26351	31.43	320.42
Punto 10	3247	4161	0.20	37396	27745	34.85	355.23
Valores prom =				40363	31454	51.82	528.21

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFIAS DE LA EVALUACIÓN



	EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS		Fecha :	31-Dic-20
			Revisión :	B
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.:	5 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO

Realizado Por
C. Maquera

Revisado Por
D. Cotrado

Aprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área	: Almacen de Plomo	Elemento	: Columna 17
Ubicación	: Av. Nestor Gambeta	Dimensiones	: 65x1120cm
Altura de Evaluación	: 2.00m	Inspección por	: J. Linares
Fecha de Evaluación	: 07/12/2021		

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.643	303.4	0.0003034	2119
Punto 2	0.643	272.3	0.0002723	2361
Punto 3	0.643	266.1	0.0002661	2416
Punto 4	0.643	273.6	0.0002736	2350
Punto 5	0.643	274	0.0002740	2347
Punto 6	0.643	262.3	0.0002623	2451
Punto 7	0.643	267.2	0.0002672	2406
Punto 8	0.643	273.1	0.0002731	2354
	Vs prom. =			2350.78

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.643	159.7	0.0001597	4026
Punto 2	0.643	154.7	0.0001547	4156
Punto 3	0.643	150.5	0.0001505	4272
Punto 4	0.643	159.9	0.0001599	4021
Punto 5	0.643	155.2	0.0001552	4143
Punto 6	0.643	149.8	0.0001498	4292
Punto 7	0.643	154.6	0.0001546	4159
Punto 8	0.643	159.7	0.0001597	4026
	Vp prom. =			4137.16

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto
ρ = 2400 kg/m3

PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm2
Punto 1	2119	4026	0.20	35016	24770	27.77	283.13
Punto 2	2361	4156	0.20	37316	27645	34.60	352.67
Punto 3	2416	4272	0.20	39428	30285	41.52	423.24
Punto 4	2350	4021	0.20	34928	24661	27.53	280.63
Punto 5	2347	4143	0.20	37076	27345	33.85	345.06
Punto 6	2451	4292	0.20	39797	30746	42.80	436.24
Punto 7	2406	4159	0.20	37364	27705	34.75	354.21
Punto 8	2354	4026	0.20	35016	24770	27.77	283.13
	Valores prom =			36993	27241	33.82	344.79

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN





EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 6 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021

Elemento : Columna 20
Dimensiones : 40x60cm
Inspección por : J. Linares

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.371	164.2	0.0001642	2259
Punto 2	0.390	168.3	0.0001683	2317
Punto 3	0.390	171	0.0001710	2281
Punto 4	0.390	166.1	0.0001661	2348
Punto 5	0.390	172	0.0001720	2267
Punto 6	0.390	165.8	0.0001658	2352
Punto 7	0.390	176.3	0.0001763	2212
Punto 8	0.390	176.1	0.0001761	2215
Punto 9	0.390	176	0.0001760	2216
Vs prom. =				2274.20

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.390	144.2	0.0001442	2705
Punto 2	0.390	97.4	0.0000974	4004
Punto 3	0.390	100.3	0.0001003	3888
Punto 4	0.390	90.6	0.0000906	4305
Punto 5	0.390	90.2	0.0000902	4324
Punto 6	0.390	92	0.0000920	4239
Punto 7	0.390	92.7	0.0000927	4207
Punto 8	0.390	92.3	0.0000923	4225
Punto 9	0.390	94.1	0.0000941	4145
Vp prom. =				4004.61

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto

ρ = 2400 kg/m³

PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm ²
Punto 1	2259	2705	0.20	15800	750	0.03	0.26
Punto 2	2317	4004	0.20	34631	24289	26.71	272.24
Punto 3	2281	3888	0.20	32657	21822	21.56	219.74
Punto 4	2348	4305	0.20	40025	31031	43.59	444.34
Punto 5	2267	4324	0.20	40380	31475	44.85	457.17
Punto 6	2352	4239	0.20	38816	29520	39.45	402.12
Punto 7	2212	4207	0.20	38232	28790	37.52	382.48
Punto 8	2215	4225	0.20	38564	29205	38.61	393.59
Punto 9	2216	4145	0.20	37103	27378	33.93	345.90
Valores prom =				35134	24918	31.80	324.20

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN



	EVALUACIÓN VOLUMÉTRICA DE COLUMNAS		Fecha :	31-Dic-20
			Revisión :	B
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.:	7 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO

Realizado Por
C. Maquera

Revisado Por
D. Cotrado

Aprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área	: Almacen de Plomo	Elemento	: Columna 21
Ubicación	: Av. Nestor Gambeta	Dimensiones	: 65x1120cm
Altura de Evaluación	: 2.00m	Inspección por	: J. Linares
Fecha de Evaluación	: 07/12/2021		

ANEXO B.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Transversal (Onda S)

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vs
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.650	280.10	0.0002801	2321
Punto 2	0.650	284.80	0.0002848	2282
Punto 3	0.650	281.90	0.0002819	2306
Punto 4	0.650	278.20	0.0002782	2336
Punto 5	0.650	298.80	0.0002988	2175
Punto 6	0.650	273.60	0.0002736	2376
Punto 7	0.650	276.00	0.0002760	2355
Punto 8	0.650	283.60	0.0002836	2292
Punto 9	0.650	289.70	0.0002897	2244
	Vs prom. =			2298.55

PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.650	202.1	0.0002021	3216
Punto 2	0.650	174.9	0.0001749	3716
Punto 3	0.650	186.8	0.0001868	3480
Punto 4	0.650	169.9	0.0001699	3826
Punto 5	0.650	205	0.0002050	3171
Punto 6	0.650	392.5	0.0003925	1656
Punto 7	0.650	155.4	0.0001554	4183
Punto 8	0.650	152.5	0.0001525	4262
Punto 9	0.650	156.9	0.0001569	4143
	Vp prom. =			3516.96

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Densidad del concreto
ρ = 2400 kg/m³

PUNTOS	Vs	Vp	M. Poisson	E_Dinam	E_Esta	f'c	f'c
	m/s	m/s	-	MPa	MPa	MPa	kg/cm ²
Punto 1	2321	3216	0.20	22343	8929	3.61	36.79
Punto 2	2282	3716	0.20	29833	18292	15.15	154.40
Punto 3	2306	3480	0.20	26153	13692	8.49	86.51
Punto 4	2336	3826	0.20	31615	20519	19.06	194.28
Punto 5	2175	3171	0.20	21716	8145	3.00	30.61
Punto 6	2376	1656	0.20	5924	-11595	6.09	62.04
Punto 7	2355	4183	0.20	37790	28238	36.10	367.95
Punto 8	2292	4262	0.20	39241	30051	40.88	416.74
Punto 9	2244	4143	0.20	37071	27339	33.83	344.90
	Valores prom =			27965	15956	18.47	188.25

$$E_{Dinam} = \rho * V^2 * \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$E_{Esta} = 1.25 * E_{Dinam} - 19000$$

$$f'c = \left(\frac{E_{Esta}}{4700} \right)^2$$

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN





UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE
PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA
COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

ANEXO C.
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Aprobado por:

Gerente de Proyecto: : Ing. Daryle Cotrado _____
Jefe de Disciplina : Ing. Martín Pisconte _____
Cliente : PeruBar SAC _____

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
0	2/02/2022	Emitido para Construcción	CMC	DCF	DCF

Comentarios:

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 1 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
M. PisconteAprobado Por
D. Cotrado**RESUMEN DE EVALUACIÓN DE COLUMNAS**

ELEMEN TO	Vs Prom m/s	Vp Prom m/s	CALIDAD
Col - 05	-	2126	Pobre
Col - 23	-	3592	Cuestionable
Col - 25	-	3834	Bueno
Col - 27	-	3617	Cuestionable
Col - 29	-	3307	Cuestionable
Col - 31	-	3039	Pobre

CRITERIO DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO

Condición General	Velocidad de Pulso Vp
	m/s
Excelente	> 4575
Bueno	< 4575
Cuestionable	3050 < Vp < 3660
Pobre	2125 < Vp < 3050
Muy Pobre	< 2125

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS		Fecha :	31-Dic-20
			Revisión :	B
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.:	2 de 7
"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE" UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO				
Realizado Por C. Maquera		Revisado Por D. Cotrado		Aprobado Por D. Cotrado
REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS				
Área	: Almacen de Plomo	Elemento	: Columna 05	
Ubicación	: Av. Nestor Gambeta	Dimensiones	: 65x1120cm	
Altura de Evaluación	: 2.00m	Inspección por	C. Maquera	
Fecha de Evaluación	: 07/12/2021			
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN				
Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)				
PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp
	m	μs	s	m/s
Punto 1	0.150	61.1	0.0000611	2455
Punto 2	0.300	107.6	0.0001076	2788
Punto 3	0.450	283.9	0.0002839	1585
Punto 4	0.600	358.4	0.0003584	1674
Vp prom. =				2125.57
FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN				
				

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS		Fecha : 31-Dic-20																																			
			Revisión : B																																			
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.: 3 de 7																																			
"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE" UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO																																						
Realizado Por C. Maquera	Revisado Por D. Cotrado	Aprobado Por D. Cotrado																																				
REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS																																						
Área : Almacen de Plomo Ubicación : Av. Nestor Gambeta Altura de Evaluación : 2.00m Fecha de Evaluación : 07/12/2021	Elemento : Columna 23 Dimensiones : 65x1120cm Inspección por : C. Maquera																																					
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN																																						
Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PUNTOS</th> <th>LONG.</th> <th>TIEMPO</th> <th>TIEMPO</th> <th>Vp</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th>μs</th> <th>s</th> <th>m/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto 1</td> <td>0.300</td> <td>84.2</td> <td>0.000842</td> <td>3563</td> </tr> <tr> <td>Punto 2</td> <td>0.600</td> <td>160.7</td> <td>0.001607</td> <td>3734</td> </tr> <tr> <td>Punto 3</td> <td>0.900</td> <td>244</td> <td>0.002440</td> <td>3689</td> </tr> <tr> <td>Punto 4</td> <td>1.200</td> <td>354.7</td> <td>0.003547</td> <td>3383</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Vp prom. =</td> <td>3592.07</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTOS	LONG.	TIEMPO	TIEMPO	Vp	m	μs	s	m/s	Punto 1	0.300	84.2	0.000842	3563	Punto 2	0.600	160.7	0.001607	3734	Punto 3	0.900	244	0.002440	3689	Punto 4	1.200	354.7	0.003547	3383				Vp prom. =	3592.07			
PUNTOS	LONG.		TIEMPO	TIEMPO	Vp																																	
	m	μs	s	m/s																																		
Punto 1	0.300	84.2	0.000842	3563																																		
Punto 2	0.600	160.7	0.001607	3734																																		
Punto 3	0.900	244	0.002440	3689																																		
Punto 4	1.200	354.7	0.003547	3383																																		
			Vp prom. =	3592.07																																		
FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN																																						
																																						

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 4 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado**REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS****Área** : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021**Elemento** : Columna 25
Dimensiones : 65x1120cm
Inspección por : C. Maquera**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN****Tipo de Onda :** Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vp
	m	µs	s	m/s
Punto 1	0.150	35.8	0.0000358	4190
Punto 2	0.300	74.9	0.0000749	4005
Punto 3	0.450	114.1	0.0001141	3944
Punto 4	0.600	164.9	0.0001649	3639
Punto 5	0.750	206.5	0.0002065	3632
Punto 6	0.900	250.4	0.0002504	3594
			Vp prom. =	3834.00

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 5 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
D. CotradoAprobado Por
D. Cotrado**REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS****Área** : Almacen de Plomo
Ubicación : Av. Nestor Gambeta
Altura de Evaluación : 2.00m
Fecha de Evaluación : 07/12/2021**Elemento** : Columna 27
Dimensiones : 65x1120cm
Inspección por : C. Maquera**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN****Tipo de Onda :** Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vp
	m	μs	s	m/s
Punto 1	0.150	39.9	0.0000399	3759
Punto 2	0.300	78.6	0.0000786	3817
Punto 3	0.450	132.4	0.0001324	3399
Punto 4	0.600	166.1	0.0001661	3612
Punto 5	0.750	211.4	0.0002114	3548
Punto 6	0.900	252.3	0.0002523	3567
			Vp prom. =	3617.04

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN

	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS		Fecha : 31-Dic-20
			Revisión : B
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.: 6 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO

Realizado Por
C. Maquera

Revisado Por
D. Cotrado

Aprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área	: Almacen de Plomo	Elemento	: Columna 29
Ubicación	: Av. Nestor Gambeta	Dimensiones	: 65x1120cm
Altura de Evaluación	: 2.00m	Inspección por	: C. Maquera
Fecha de Evaluación	: 07/12/2021		

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vp
	m	μs	s	m/s
Punto 1	0.150	37.6	0.0000376	3989
Punto 2	0.300	87.8	0.0000878	3417
Punto 3	0.450	130.2	0.0001302	3456
Punto 4	0.600	180.2	0.0001802	3330
Punto 5	0.750	242.8	0.0002428	3089
Punto 6	0.900	351.5	0.0003515	2560
			Vp prom. =	3306.92

FOTOGRAFIAS DE LA EVALUACIÓN



	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE COLUMNAS		Fecha : 31-Dic-20
			Revisión : B
	PERUBAR S.A.	56903-PBR-102-003-042-INF-002	Pág.: 7 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO

Realizado Por
C. Maquera

Revisado Por
D. Cotrado

Aprobado Por
D. Cotrado

REGISTO DE INSPECCIÓN DE COLUMNAS CON PULSOS ULTRASÓNICOS

Área	: Almacen de Plomo	Elemento	: Columna 31
Ubicación	: Av. Nestor Gambeta	Dimensiones	: 65x1120cm
Altura de Evaluación	: 2.00m	Inspección por	: C. Maquera
Fecha de Evaluación	: 07/12/2021		

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Tipo de Onda : Longitudinal (Onda P)

PUNTOS	LONG.	TIEMPO		Vp
	m	μs	s	m/s
Punto 1	0.150	35	0.0000350	4286
Punto 2	0.300	93	0.0000930	3226
Punto 3	0.450	139.3	0.0001393	3230
Punto 4	0.600	238.6	0.0002386	2515
Punto 5	0.750	258.3	0.0002583	2904
Punto 6	0.900	434.4	0.0004344	2072
			Vp prom. =	3038.68

FOTOGRAFIAS DE LA EVALUACIÓN





UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ALMACÉN ENCAPSULADO DE
PLOMO EXISTENTE, DE LA UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO DE LA
COMPAÑÍA PERUBAR, CALLAO, 2022”

ANEXO D.
RESULTADO DEL ENSAYO DE NUCLEOS DE CONCRETO

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Aprobado por:

Gerente de Proyecto: : Ing. Daryle Cotrado _____
Jefe de Disciplina : Ing. Martín Pisconte _____
Cliente : PeruBar SAC _____

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
0	2/02/2021	Emitido para Construcción	CMC	DCF	DCF

Comentarios:

**RESULTADO DEL ENSAYO DE NUCLEOS DE CONCRETO**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

Pág.: 1 de 7

"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAORealizado Por
C. MaqueraRevisado Por
M. PisconteAprobado Por
D. Cotrado**RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO**

N°	ID	FECHA	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA	VOLUMEN	CARGA	f _c
			cm	cm	cm	cm ³	kfg	kgf/cm ²
1	M - 1	5/12/2020	7.4	14.6	43	627.8	13028	303
	C - 21							
2	M - 2	5/12/2020	7.4	14.7	43	632.1	14814	345
	C - 20							
3	M - 3	5/12/2020	7.4	14.7	43	632.1	15993	372
	C - 3							
4	M - 4	5/12/2020	7.4	14.6	43	627.8	12821	298
	C - 17							
5	M - 5	5/12/2020	7.4	14.5	43	623.5	14129	329
	C - 5							
6	M - 6	5/12/2020	7.4	14.5	43	623.5	20207	470
	C - 4							
7	M - 7	5/12/2020	7.4	13.5	43	580.5	11271	262
	C - 27							
8	M - 8	5/12/2020	7.4	14.6	43	627.8	12360	287
	C - C							
9	M - 9	5/12/2020	7.4	14	43	602	13114	305
	C - 12							

f_c Prom = 330 kgf/cm²

**RESULTADO DEL ENSAYO DE NUCLEOS DE CONCRETO**

Fecha : 31-Dic-20

Revisión : B

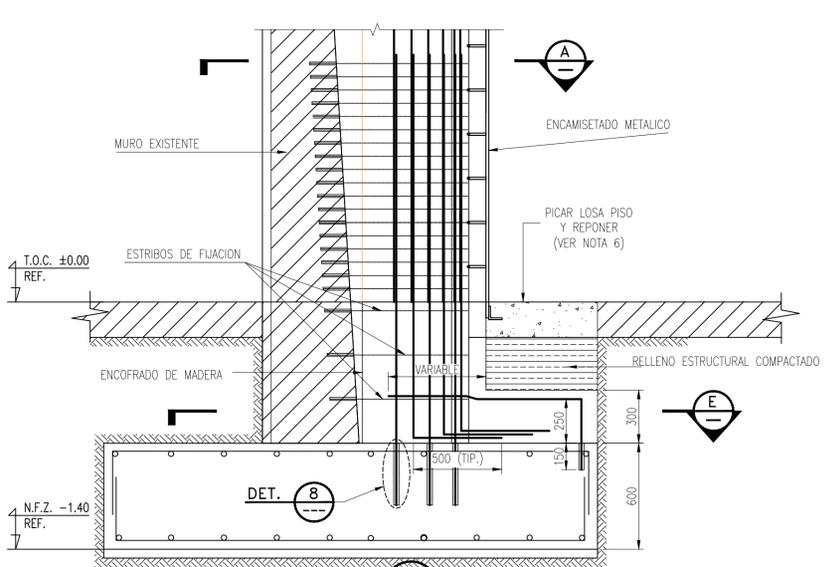
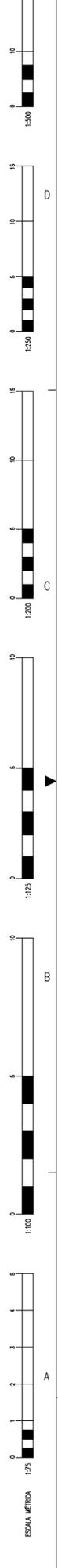
PERUBAR S.A.

56903-PBR-102-003-042-INF-002

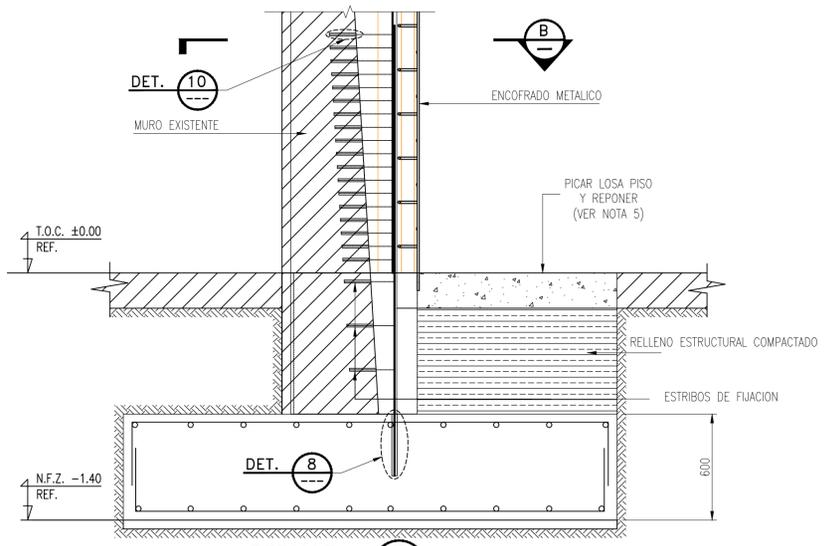
Pág.: 1 de 7

**"REING. COLUMNAS DE CONCRETO - ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE"
UNIDAD LOGÍSTICA CALLAO****Realizado Por**
C. Maquera**Revisado Por**
D. Cotrado**Aprobado Por**
D. Cotrado**CORRELACIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS NÚCLEOS Y LOS UPV**

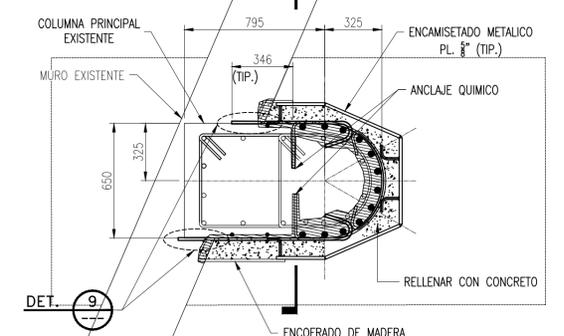
N°	ID	FECHA	f'c (Extracción de Núcleo)	f'c (UPV en Columnas)	VARIACIÓN DE f'c
			kgf/cm2	kgf/cm2	%
1	M - 1	5/12/2020	303	188	37.95%
	C - 21				
2	M - 2	5/12/2020	345	324	5.95%
	C - 20				
3	M - 3	5/12/2020	372	290	22.03%
	C - 3				
4	M - 4	5/12/2020	298	345	15.71%
	C - 17				
5	M - 5	5/12/2020	329	0	NA
	C - 5				
6	M - 6	5/12/2020	470	528	12.36%
	C - 4				
7	M - 7	5/12/2020	262	0	NA
	C - 27				
8	M - 8	5/12/2020	287	268	6.76%
	C - C				
9	M - 9	5/12/2020	305	0	NA
	C - 12				



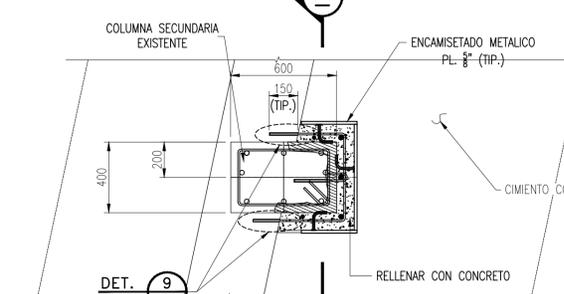
DETALLE 6
ESC: 1/20
-042-DWG-004



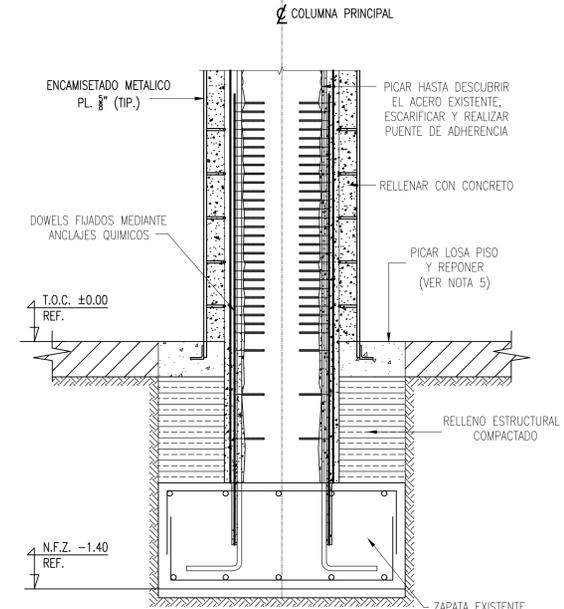
DETALLE 7
ESC: 1/20
-042-DWG-004



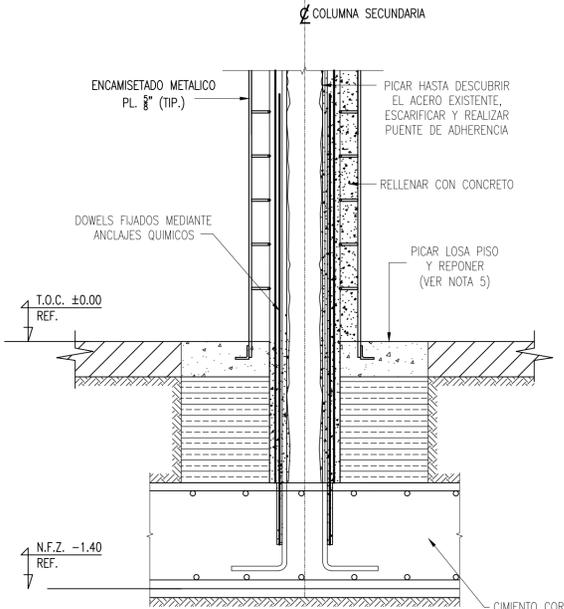
SECCION A
ESC: 1/20



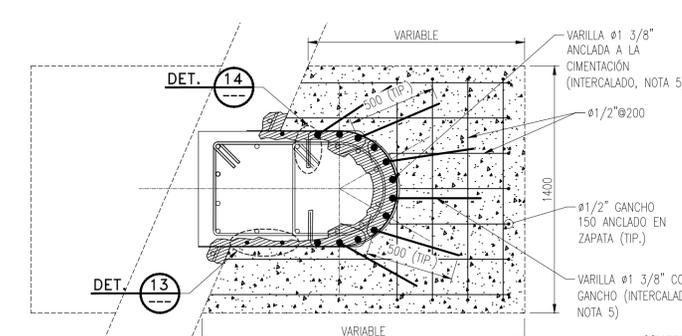
SECCION B
ESC: 1/20



SECCION C
ESC: 1/20

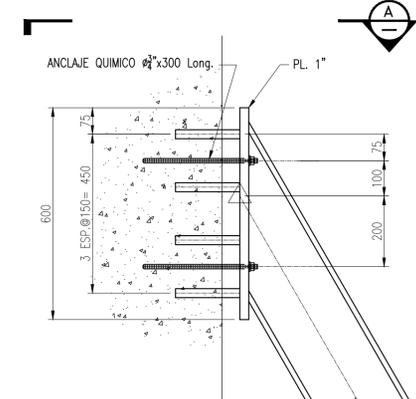


SECCION D
ESC: 1/20

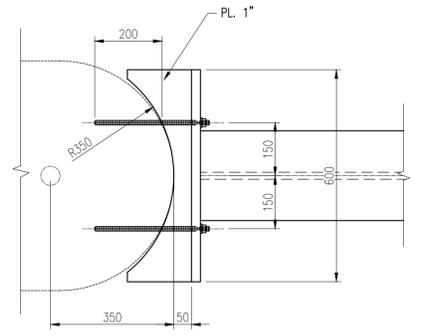


DETALLE DE ANCLAJE DE ACERO PARA C-03 y C-21

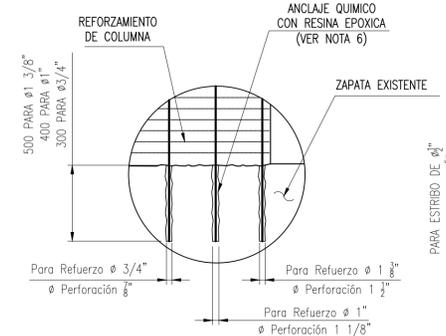
SECCION E
ESC: 1/20



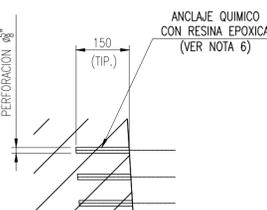
DETALLE 11
ESC: 1/10
-003



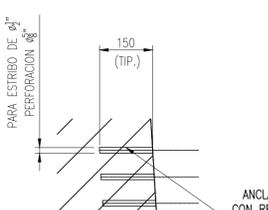
SECCION A
ESC: 1/10



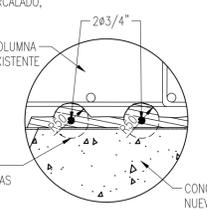
DETALLE 8
ESC: S/E



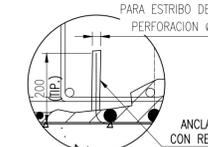
DETALLE 9
ESC: 1/10



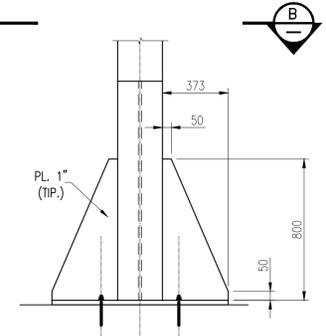
DETALLE 10
ESC: 1/10



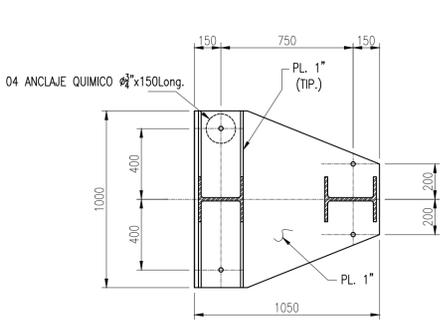
DETALLE 13
ESC: 1/10



DETALLE 14
ESC: 1/10



DETALLE 12
ESC: 1/20
-003



SECCION B
ESC: 1/20

NOTAS DE EMPALME DE CONCRETOS

- 6.1 DEMOLER LOSA DE PISO, EFECTUAR LA EXCAVACION LOCALIZADA Y LIMPIEZA DE ZAPATAS Y COLUMNAS.
- 6.2 DEJAR DOWELS DE 500mm DE REFUERZO, FUERA DE LA LINEA DE DEMOLICION PARA POSTERIOR UNION CON CIMENTACION NUEVA.
- 6.3 VACIADO DE CONCRETO SIMILAR A LOSA EXISTENTE CON TODAS SUS CARACTERISTICAS Y FORMAS.
- 6.4 APLICAR PUNTE DE ADHERENCIA SIKADUR O SIMILAR.
- 6.5 PERFORAR AGUEROS PARA DOWELS CON #1 3/8" (MAX.) Y ANCLAR BARRAS CON RESINA RE-500 O SIMILAR, APLICAR SEGUN INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, COORDENADAS Y ELEVACIONES EN METROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
2. LAS COTAS PREVALECN SOBRE EL DIBUJO.
3. SELLO SIKAFLEX O SIMILAR S.J.C. CON RESPALDO DE ESPUMA POLIURETANO.
4. PARA ALTURAS DE PEDESTAL MAYORES DE 1m. SE PODRAN USAR ARRANQUES PARA LA ARMADURA VERTICAL.
5. EL ANCLAJE DE ACERO LONGITUDINAL EN LAS COLUMNAS C-03 Y C-21 SERÁ INTERCALADO, PARTE SOLO EMBEBIDO
6. NOTAS DE EMPALMES DE CONCRETOS: (VER RECUADRO SUPERIOR)

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	REV.	APROB.	APROB.
A	28.DIC.20	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.	D.C.	R.P.	-	-	-
B	21.01.2021	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	D.C.	R.P.	-	-	-
0	01.02.2021	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	C.M.	D.C.	R.P.	-	-	-

NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN

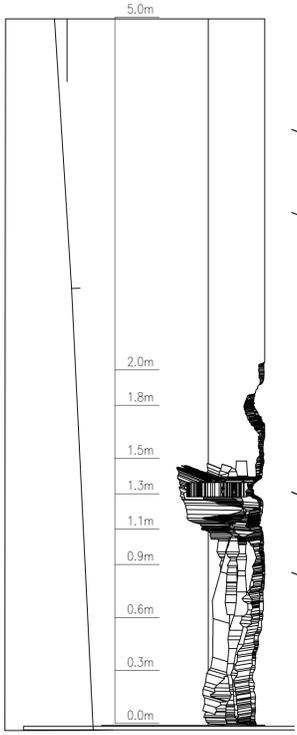
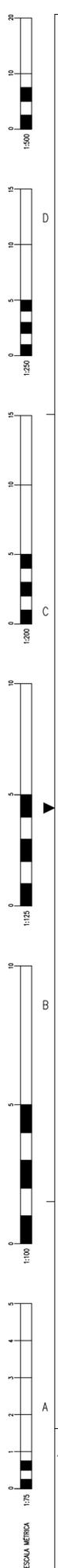
FECHA: 28.12.2020
N° PROYECTO: 4500169504

ANÁLISIS ESTRUCTURAL
TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO
INGENIERÍA

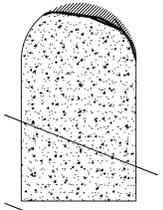
ESTRUCTURA
CONCRETO

ESTÁNDARES TÍPICOS

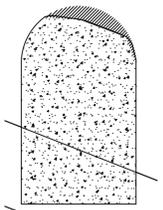
ESCALA: INDICADAS
NÚMERO DE PLANO: 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-002



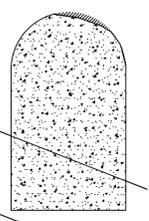
COLUMNA C-3
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



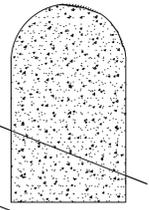
AREA ACTUAL: 0.6529 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 4.50%



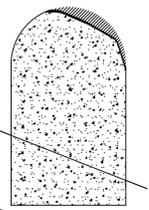
AREA ACTUAL: 0.6514 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 4.50%



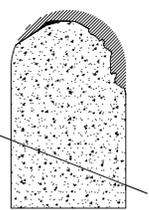
AREA ACTUAL: 0.6751 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 1.11%



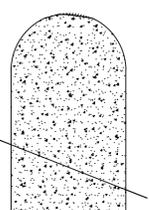
AREA ACTUAL: 0.6805 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.32%



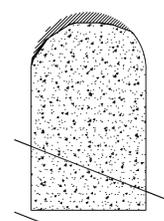
AREA ACTUAL: 0.6574 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 3.71%



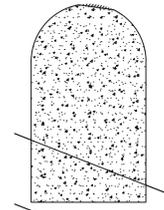
AREA ACTUAL: 0.6225 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 8.77%



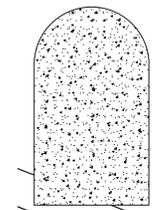
AREA ACTUAL: 0.6809 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.26%



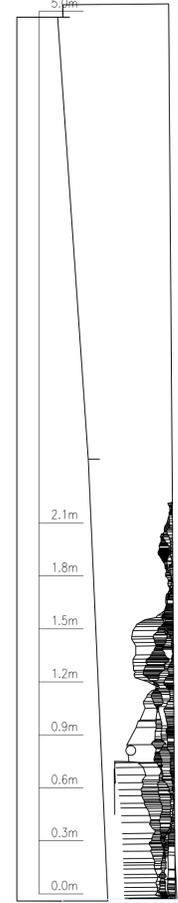
AREA ACTUAL: 0.6592 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 4.17%



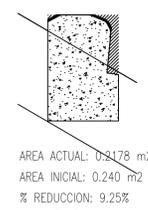
AREA ACTUAL: 0.6807 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.29%



AREA ACTUAL: 0.6827 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0%



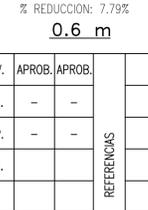
COLUMNA C-4
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



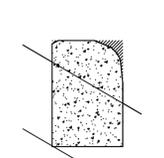
AREA ACTUAL: 0.2178 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 9.25%



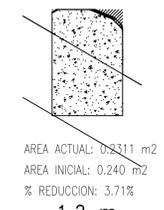
AREA ACTUAL: 0.2139 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 10.88%



AREA ACTUAL: 0.2213 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 7.79%



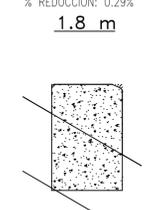
AREA ACTUAL: 0.2318 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 3.42%



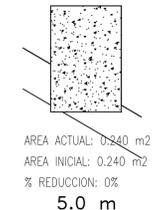
AREA ACTUAL: 0.2311 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 3.71%



AREA ACTUAL: 0.2342 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 2.42%



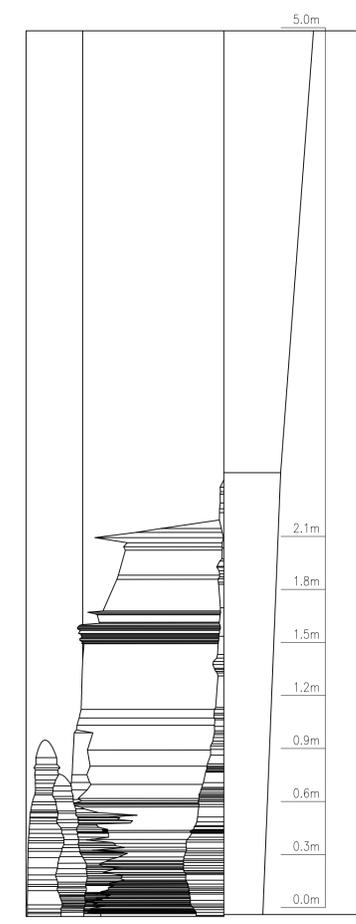
AREA ACTUAL: 0.2393 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0.29%



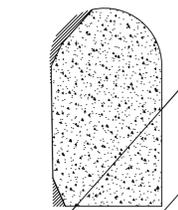
AREA ACTUAL: 0.2392 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0.33%



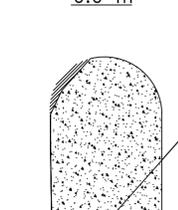
AREA ACTUAL: 0.240 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0%



COLUMNA C-5
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



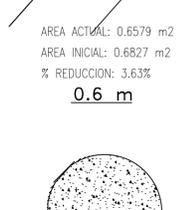
AREA ACTUAL: 0.6337 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 7.18%



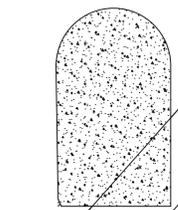
AREA ACTUAL: 0.6357 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 6.88%



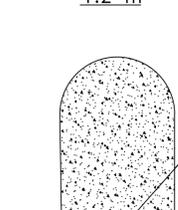
AREA ACTUAL: 0.6579 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 3.63%



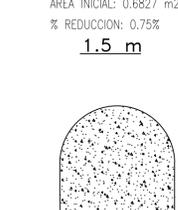
AREA ACTUAL: 0.6719 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 1.58%



AREA ACTUAL: 0.6771 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.82%



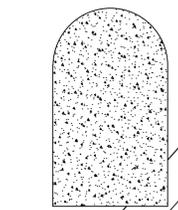
AREA ACTUAL: 0.6776 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.75%



AREA ACTUAL: 0.6794 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.48%



AREA ACTUAL: 0.6794 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0.48%



AREA ACTUAL: 0.6827 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²
% REDUCCION: 0%

NOTAS:
1. TODAS LOS NIVELES Y DIMENSIONES ESTÁN EN METROS (S.I.C.)

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	REV.	APROB.	APROB.
A	23.DIC.20	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
B	28.DIC.20	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	M.P.	M.P.	-	-
O	28.ENE.21	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-

NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN

FECHA: 16.nov.2022
N° PROYECTO: 4500169504

DIBUJADO : S. SANTOS	FECHA : 23-DIC-20
DISEÑADO : S.S. - D.C.	FECHA : 23-DIC-20
REVISADO : M. PISCOENTE	FECHA : 28-DIC-20
APROBADO POR J.D. :	FECHA :
APROBADO POR G.I. :	FECHA :
APROBADO POR G.P. :	FECHA :
APROBADO CLIENTE :	FECHA :
APROBADO CLIENTE :	FECHA :

ANÁLISIS ESTRUCTURAL
TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO
INGENIERÍA

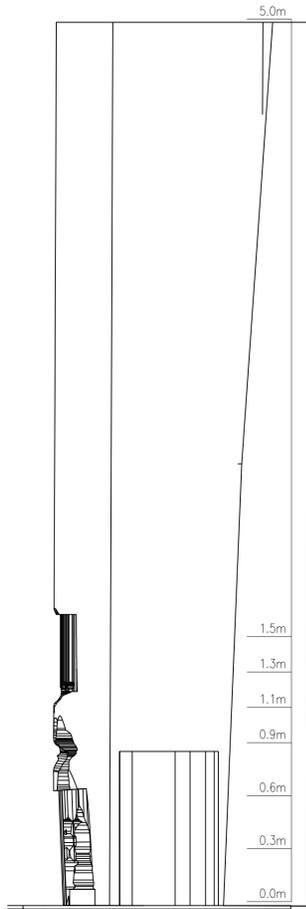
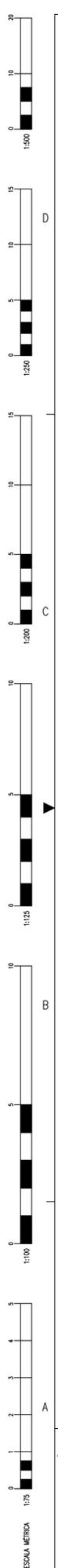
ESTRUCTURA AS BUILT CONCRETO

ESTADO ACTUAL DE COLUMNAS (AS BUILT) 1 DE 2

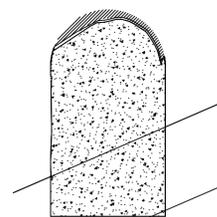
PLANO

ESCALA: INDICADAS

NÚMERO DE PLANO: 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-201

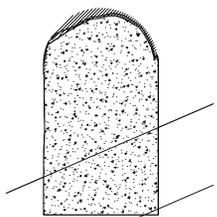


COLUMNA C-17
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



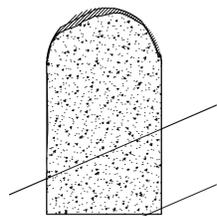
AREA ACTUAL: 0.6716 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 6.09%

0.0 m



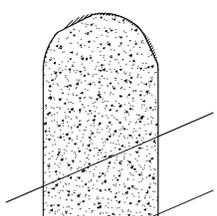
AREA ACTUAL: 0.6813 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 4.74%

0.3 m



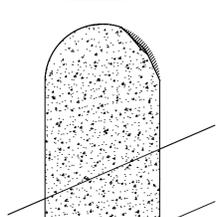
AREA ACTUAL: 0.6909 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 3.39%

0.6 m



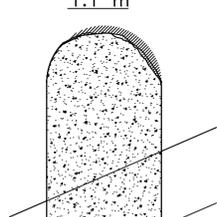
AREA ACTUAL: 0.7087 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 0.91%

0.9 m



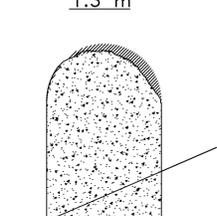
AREA ACTUAL: 0.7062 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 0.91%

1.1 m



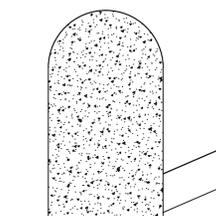
AREA ACTUAL: 0.6854 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 4.17%

1.3 m



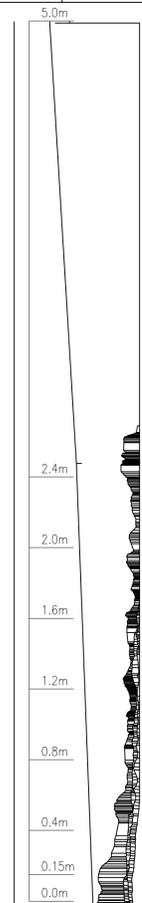
AREA ACTUAL: 0.6871 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 3.93%

1.5 m

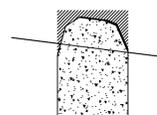


AREA ACTUAL: 0.7152 m²
AREA INICIAL: 0.7152 m²
% REDUCCION: 0%

5.0 m

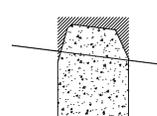


COLUMNA C-20
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



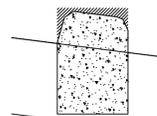
AREA ACTUAL: 0.2047 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 14.71%

0.0 m



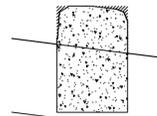
AREA ACTUAL: 0.2052 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 14.50%

0.15 m



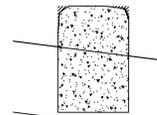
AREA ACTUAL: 0.2197 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 8.46%

0.4 m



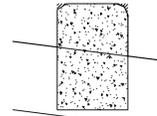
AREA ACTUAL: 0.2335 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 2.71%

0.8 m



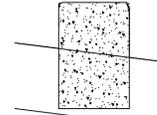
AREA ACTUAL: 0.2365 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 1.46%

1.2 m



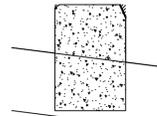
AREA ACTUAL: 0.2379 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0.88%

1.6 m



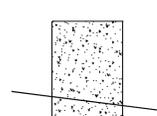
AREA ACTUAL: 0.2395 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0.21%

2.0 m



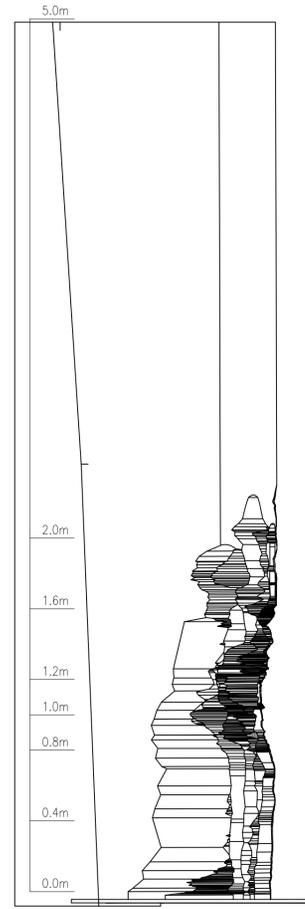
AREA ACTUAL: 0.2384 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0.67%

2.4 m

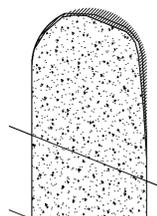


AREA ACTUAL: 0.240 m²
AREA INICIAL: 0.240 m²
% REDUCCION: 0%

5.0 m

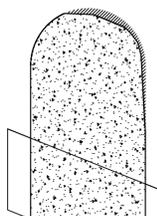


COLUMNA C-21
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



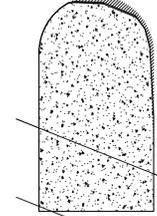
AREA ACTUAL: 0.7061 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 5.54%

0.0 m



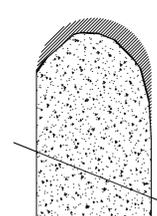
AREA ACTUAL: 0.7264 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 2.82%

0.4 m



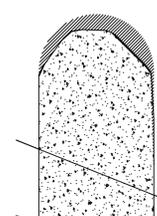
AREA ACTUAL: 0.7231 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 3.26%

0.8 m



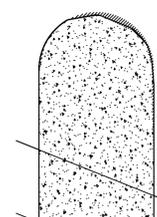
AREA ACTUAL: 0.6748 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 9.72%

1.0 m



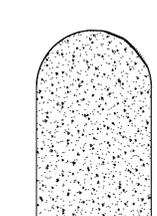
AREA ACTUAL: 0.6789 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 9.18%

1.2 m



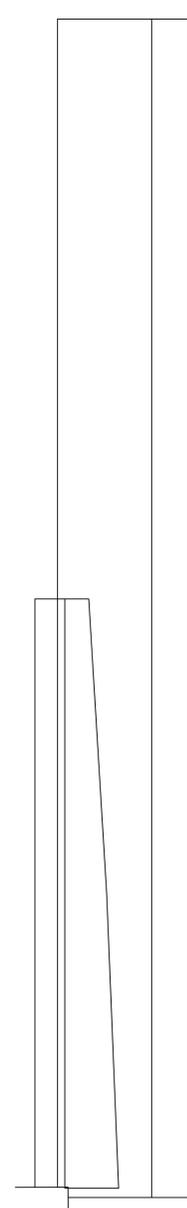
AREA ACTUAL: 0.7356 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 1.59%

1.6 m

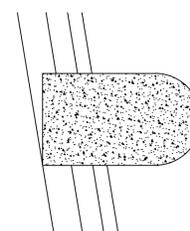


AREA ACTUAL: 0.7445 m²
AREA INICIAL: 0.7475 m²
% REDUCCION: 0.40%

2.0 m



COLUMNA C-27
ELEVACIÓN
ESC.: 1:20



AREA ACTUAL: 0.6827 m²
AREA INICIAL: 0.6827 m²

SECCION TÍPICA

NOTAS:
1. TODAS LOS NIVELES Y DIMENSIONES ESTÁN EN METROS (S.I.C.)

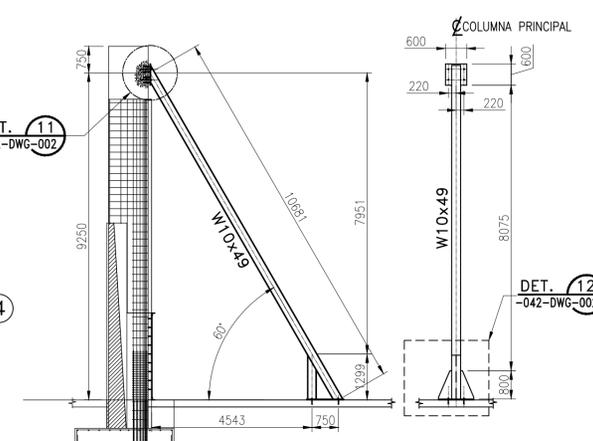
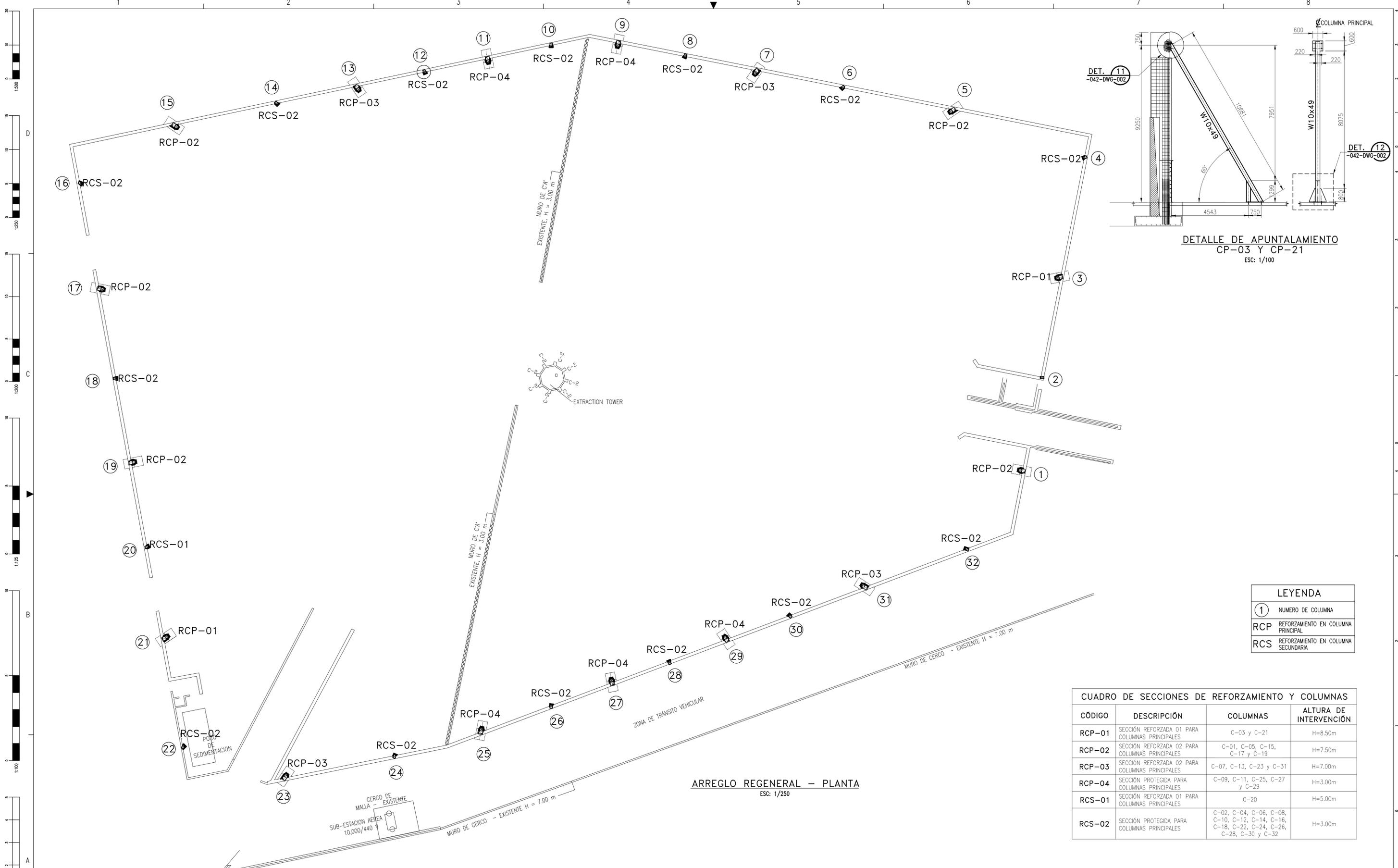
REVISIONES	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	REV.	APROB.	APROB.
	A	23.DIC.20	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
	B	28.DIC.20	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
	0	28.ENE.21	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-

REFERENCIAS	NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN



DIBUJADO : S.SANTOS	FECHA : 23.DIC.20
DISEÑADO : M.P. - D.C.	FECHA : 23.DIC.20
REVISADO : M.PISCOENTE	FECHA : 28.DIC.20
APROBADO POR J.D. :	FECHA :
APROBADO POR G.I. :	FECHA :
APROBADO POR G.P. :	FECHA :
APROBADO CLIENTE :	FECHA :
APROBADO CLIENTE :	FECHA :

ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO	
INGENIERÍA	
ESTRUCTURA AS BUILT CONCRETO	
ESTADO ACTUAL DE COLUMNAS (AS BUILT) 2 DE 2	
ESCALA: INDICADAS	NÚMERO DE PLANO: 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-202



DETALLE DE APUNTAMIENTO
CP-03 Y CP-21
ESC: 1/100

LEYENDA	
①	NUMERO DE COLUMNA
RCP	REFORZAMIENTO EN COLUMNA PRINCIPAL
RCS	REFORZAMIENTO EN COLUMNA SECUNDARIA

CUADRO DE SECCIONES DE REFORZAMIENTO Y COLUMNAS			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COLUMNAS	ALTURA DE INTERVENCIÓN
RCP-01	SECCIÓN REFORZADA 01 PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-03 y C-21	H=8.50m
RCP-02	SECCIÓN REFORZADA 02 PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-01, C-05, C-15, C-17 y C-19	H=7.50m
RCP-03	SECCIÓN REFORZADA 02 PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-07, C-13, C-23 y C-31	H=7.00m
RCP-04	SECCIÓN PROTEGIDA PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-09, C-11, C-25, C-27 y C-29	H=3.00m
RCS-01	SECCIÓN REFORZADA 01 PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-20	H=5.00m
RCS-02	SECCIÓN PROTEGIDA PARA COLUMNAS PRINCIPALES	C-02, C-04, C-06, C-08, C-10, C-12, C-14, C-16, C-18, C-22, C-24, C-26, C-28, C-30 y C-32	H=3.00m

ARREGLO REGENERAL - PLANTA
ESC: 1/250

NOTAS:
1. LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS Y LOS NIVELES ESTAN EN METROS (S.I.C.)

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	REV.	APROB.	APROB.
A	06.ENE.21	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
B	10.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
C	21.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	M.P.	D.C.	-	-
D	01.FEB.21	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	C.M.	J.L.	M.P.	D.C.	-	-

NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN
-PBR-102-003-042-DWG-204		SECCIONES TÍPICAS DE REFORZAMIENTO - SECCIONES Y ELEVACIONES
-PBR-102-003-042-DWG-205		PLANOS DE REFORZAMIENTO - DETALLES
-PBR-102-003-042-DWG-001		NOTAS GENERALES DE CONCRETOS
-PBR-102-003-042-DWG-001		ESTANDARES TÍPICOS

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

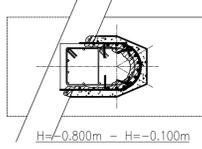
DIBUJADO : M. LA ROSA FECHA : 05.ENE.21
 DISEÑADO : C. MAQUERA FECHA : 05.ENE.21
 REVISADO : M. PISCOANTE FECHA : 06.ENE.21
 APROBADO POR J.D. : FECHA :
 APROBADO POR G.I. : FECHA :
 APROBADO POR G.P. : FECHA :
 APROBADO CLIENTE : FECHA :
 APROBADO CLIENTE : FECHA :

ESCALA :
 INDICADAS : 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-203

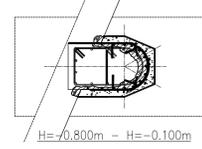
ANÁLISIS ESTRUCTURAL
TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO
INGENIERÍA
 PLANO RE-INGENIERIA DE COLUMNAS DE CONCRETO
 ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE
 CIVIL
 UBICACION COLUMNAS DE REFORZAMIENTO - PLANTA

NÚMERO DE PLANO : 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-203
 ESCALA : INDICADAS

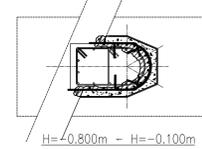
SECCION REFORZADA RCP01
ESC: 1/50



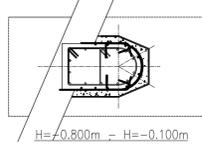
SECCION REFORZADA RCP02
ESC: 1/50



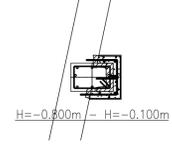
SECCION REFORZADA RCP03
ESC: 1/50



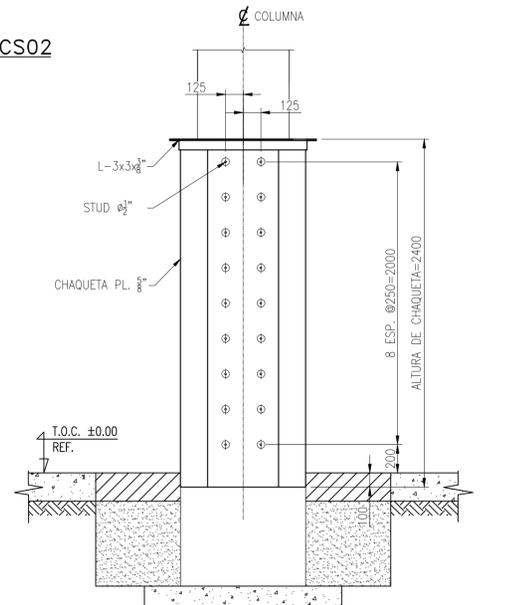
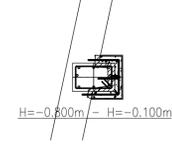
SECCION PROTEGIDA RCP04
ESC: 1/50



SECCION REFORZADA RCS01
ESC: 1/50



SECCION PROTEGIDA RCS02
ESC: 1/50

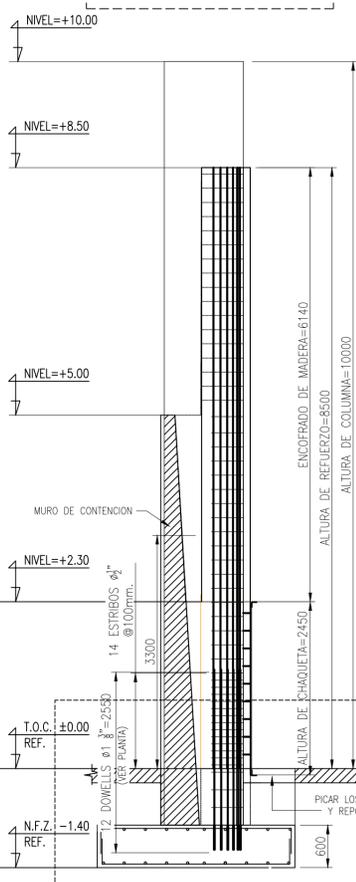


CHAQUETAS PARA RCP01, RCP02, RCP03 y RCP04
ESC: 1/25

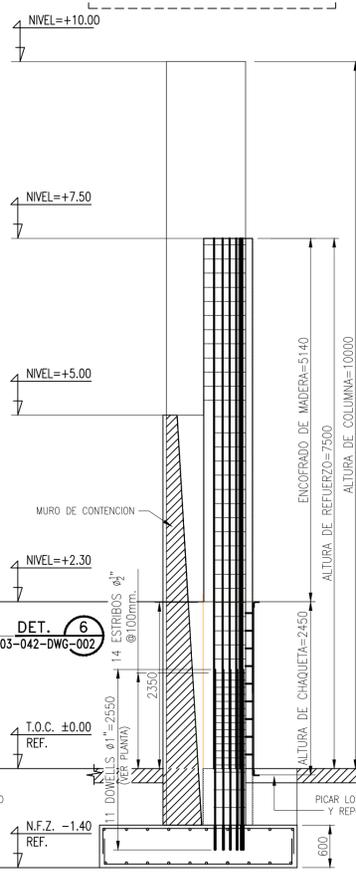
DET. 1
-003-042-DWG-205

DET. 2
-003-042-DWG-205

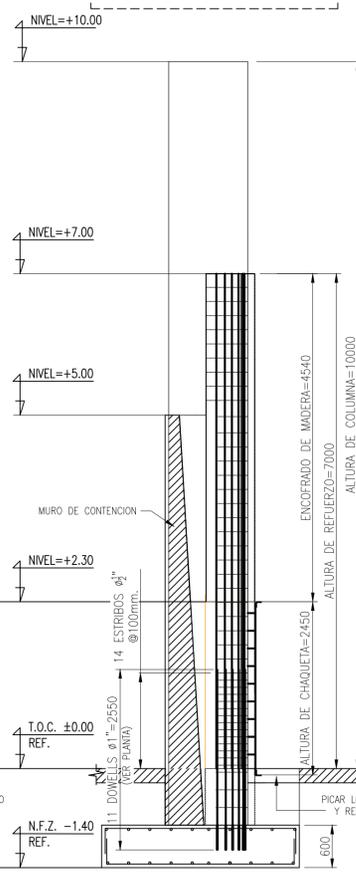
DET. 3
-003-042-DWG-205



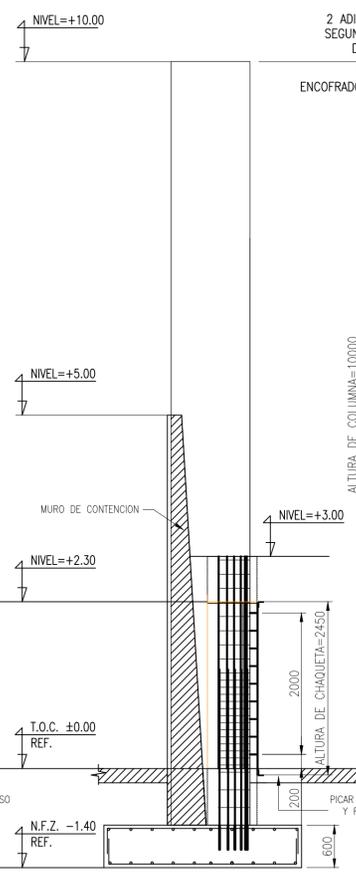
REFORZAMIENTO COLUMNAS RCP01
ESC: 1/50



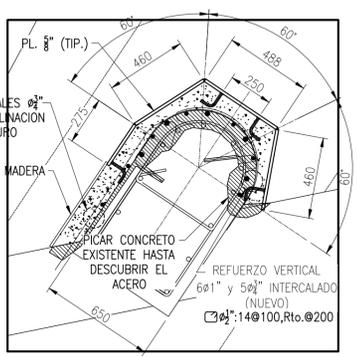
REFORZAMIENTO COLUMNAS RCP02
ESC: 1/50



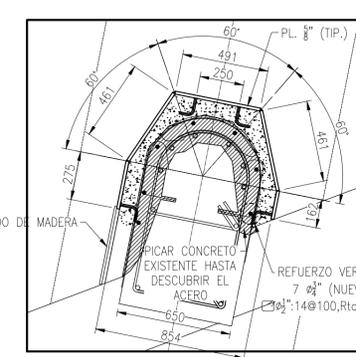
REFORZAMIENTO COLUMNAS RCP03
ESC: 1/50



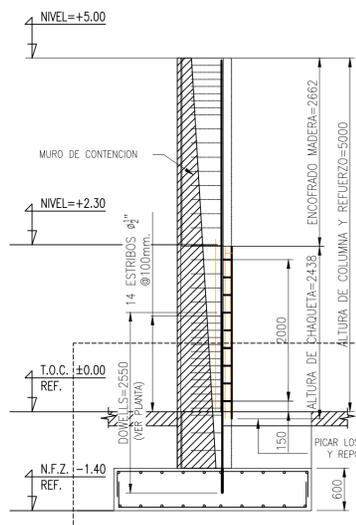
PROTECCIÓN COLUMNAS RCP04
ESC: 1/50



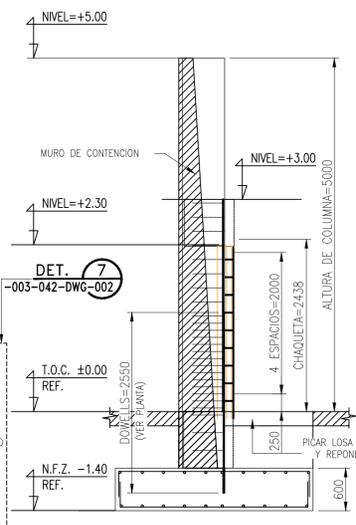
COLUMNAS C-23 Y C-31 RCP-03 (PLANO 203)
ESC: 1/20



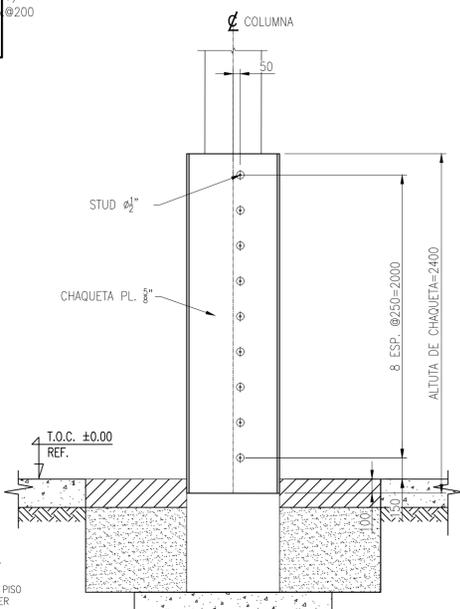
COLUMNA C-25 RCP-04 (PLANO 203)
ESC: 1/20



REFORZAMIENTO COLUMNAS RCS01
ESC: 1/50



PROTECCIÓN COLUMNAS RCS02
ESC: 1/50



CHAQUETAS PARA RCS01 Y RCS02
ESC: 1/25

- NOTAS:**
1. LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILIMETROS Y LOS NIVELES ESTÁN EN METROS (S.I.C.)
 2. VER NOTAS GENERALES DE CONCRETO EN PLANO No 5400256903-PBR-102-003-042-DWG-001
 3. LAS COLUMNAS QUE CORRESPONDE A CADA SECCIÓN REFORZADA O PROTEGIDA SE PRESENTA EN LA TABLA DEL PLANO No 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-203

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	APROB.	APROB.
A	06.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	C.M.	C.M.	D.C.	-	-
B	10.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	D.C.	-	-
C	21.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	D.C.	-	-
D	01.FEB.21	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	C.M.	C.M.	D.C.	-	-

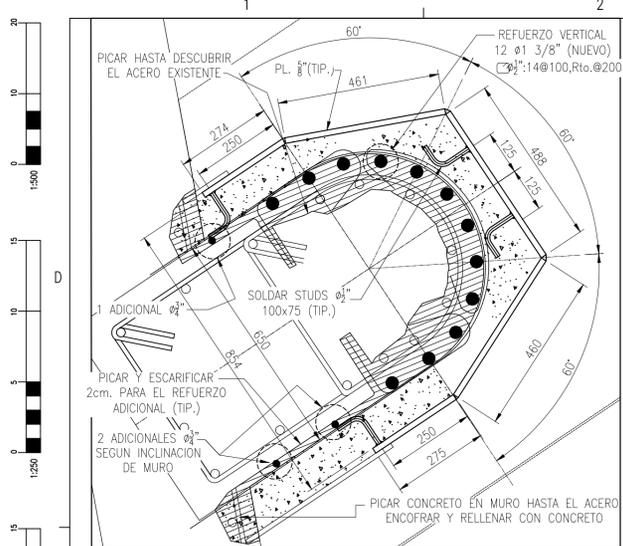
NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN
-PRB-102-003-042-DWG-203		UBICACION COLUMNAS DE REFORZAMIENTO - PLANTA
RB-102-003-042-DWG-205		SECCIONES TÍPICAS DE REFORZAMIENTO - SECCIONES Y ELEVACIONES
RB-102-003-042-DWG-001		NOTAS GENERALES DE CONCRETO
RB-102-003-042-DWG-002		ESTANDARES TÍPICOS

FECHA: 16.nov.2022

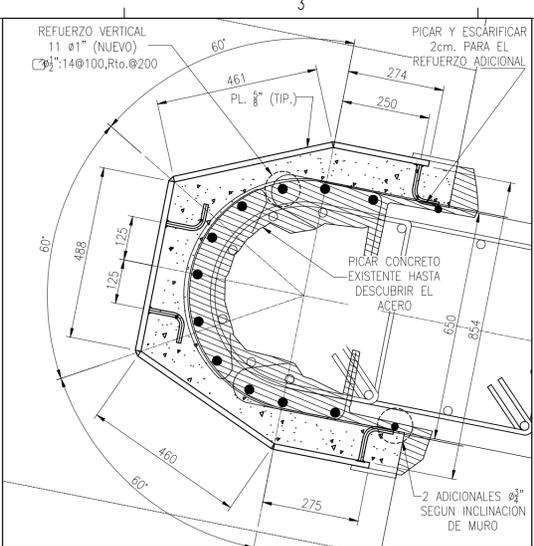
N° PROYECTO: 4500169504

DIBUJADO: M. LA ROSA	FECHA: 05.ENE.21
DISEÑADO: C. MAQUERA	FECHA: 04.ENE.21
REVISADO: D. COTRADO	FECHA: 06.ENE.21
APROBADO POR J.D.:	FECHA:
APROBADO POR G.I.:	FECHA:
APROBADO POR G.P.:	FECHA:
APROBADO CLIENTE:	FECHA:
APROBADO CLIENTE:	FECHA:

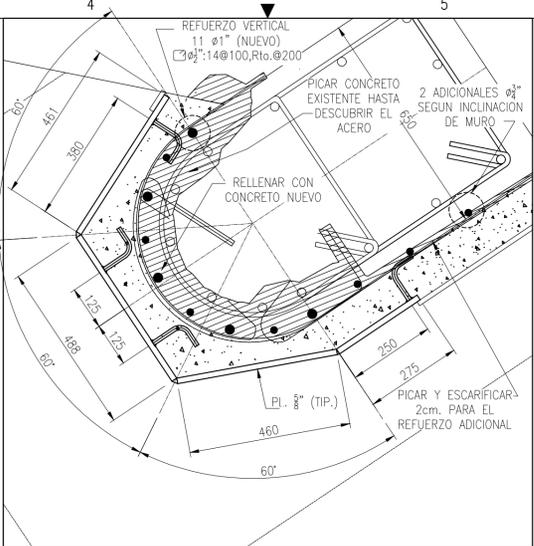
ANÁLISIS ESTRUCTURAL TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO INGENIERÍA	
PLANO	RE-INGENIERIA DE COLUMNAS DE CONCRETO ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE CIVIL
SECCIONES TÍPICAS DE REFORZAMIENTO - SECCIONES Y ELEVACIONES	
ESCALA:	NÚMERO DE PLANO:
INDICADAS	4500256903-PBR-102-003-042-DWG-204



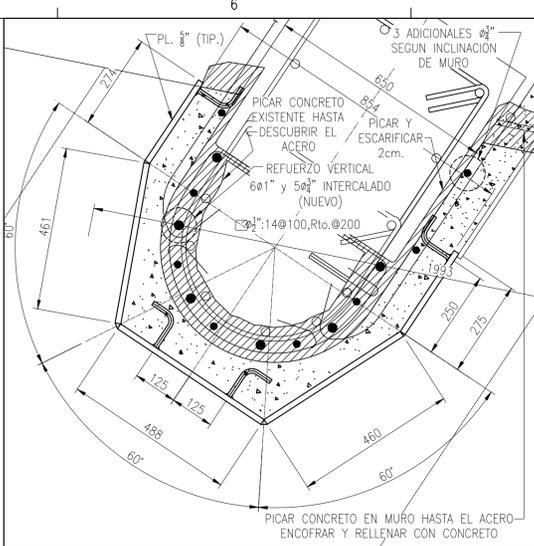
COLUMNAS C-03 Y C-21
RCP-01
ESC: 1/10



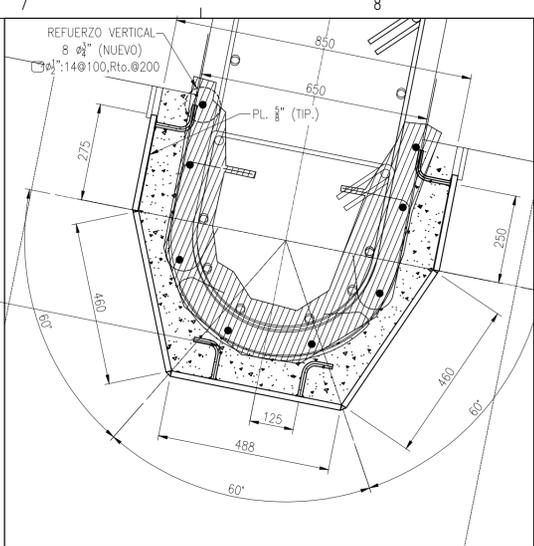
COLUMNAS C-01, C-17 Y C-19
RCP-02
ESC: 1/10



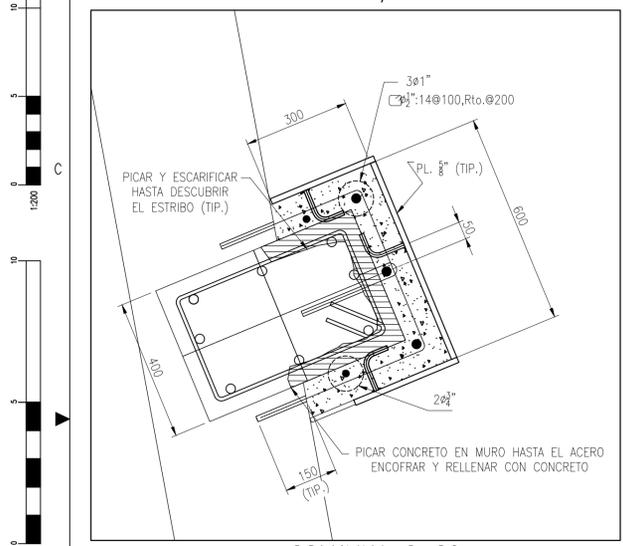
COLUMNAS C-05 Y C-15
RCP-02
ESC: 1/10



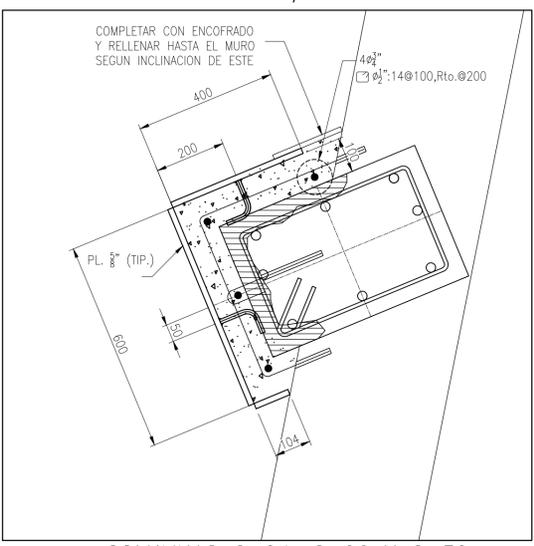
COLUMNAS C-07 Y C-13
RCP-03
ESC: 1/10



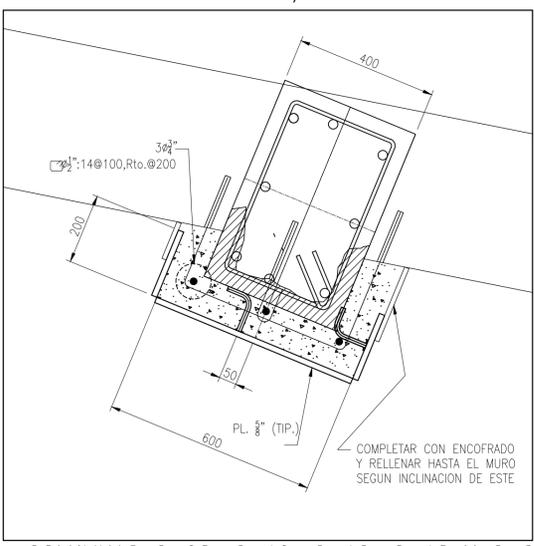
COLUMNAS C-09, C-11, C-27 Y C-29
RCP-04 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



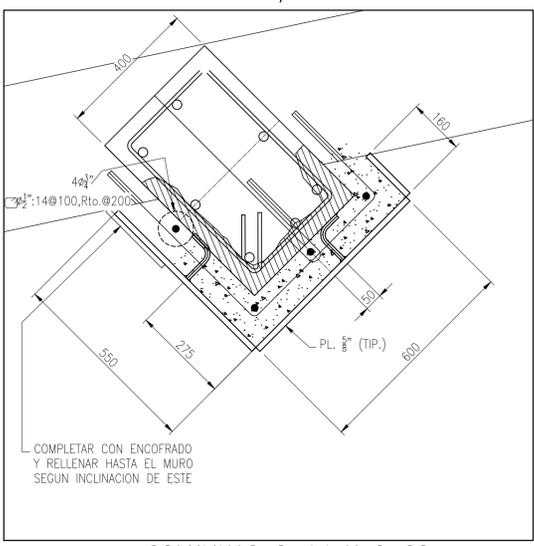
COLUMNA C-20
RCS-01
ESC: 1/10



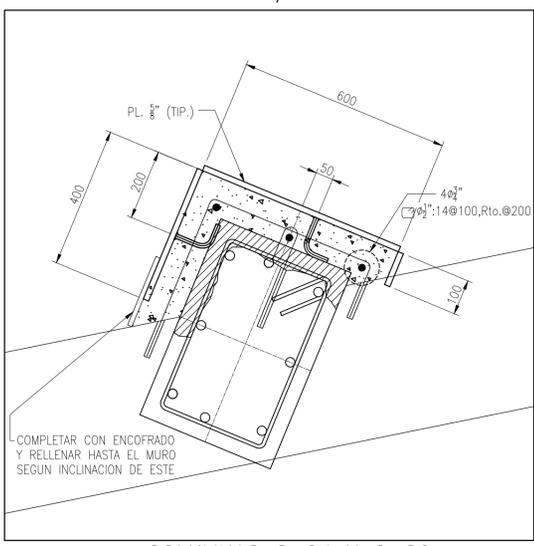
COLUMNAS C-04, C-06 Y C-30
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



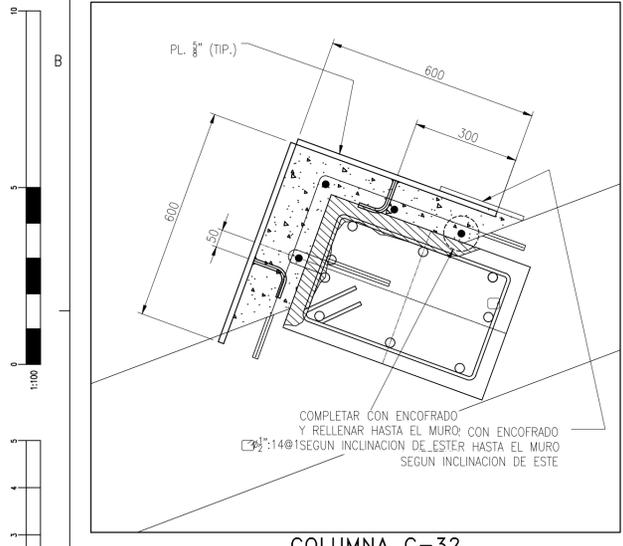
COLUMNAS C-08, C-10, C-12, C-18 Y C-28
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



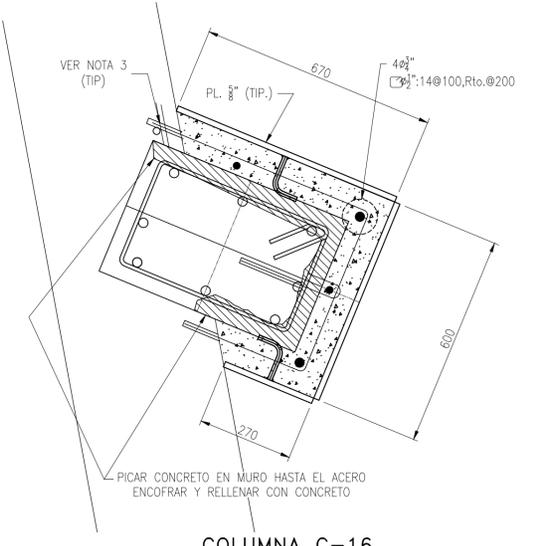
COLUMNAS C-14 Y C-22
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



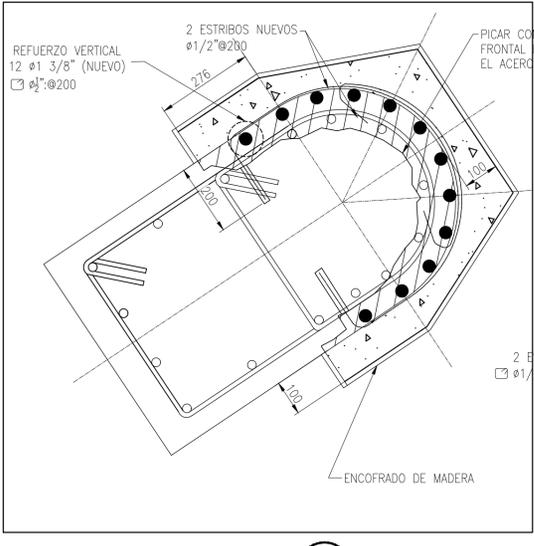
COLUMNAS C-24 Y C-26
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



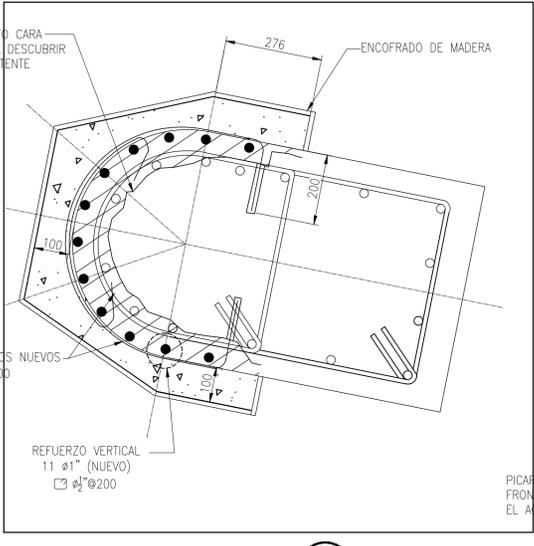
COLUMNA C-32
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



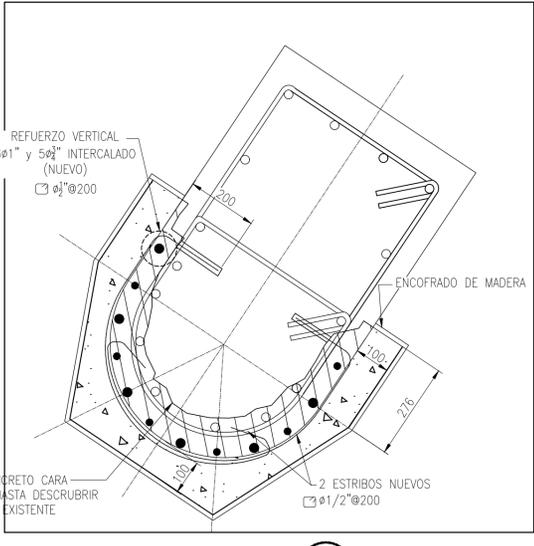
COLUMNA C-16
RCS-02 (SOLO PROTECCIÓN)
ESC: 1/10



DETALLE 1
ESC: 1/10
-003-042-DWG-204



DETALLE 2
ESC: 1/10
-003-042-DWG-204



DETALLE 3
ESC: 1/10
-003-042-DWG-204

- NOTAS:**
1. LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS Y LOS NIVELES ESTAN EN METROS (S.I.C.)
 2. VER NOTAS GENERALES DE CONCRETO EN PLANO No 5400256903-PBR-102-003-042-DWG-001
 3. PARA ANCLAJES DE ESTRIBOS 1/2" EN DIAGONAL, LA LONGITUD DE ANCLAJE MINIMO ES 200MM

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB.	VERIF.	REV.	APROB.	APROB.
A	06.ENE.21	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	C.M.	D.C.	C.M.	D.C.	-
B	08.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	D.C.	D.C.	-
C	21.ENE.21	EMITIDO PARA REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CLIENTE	C.M.	C.M.	D.C.	D.C.	-
O	02.FEB.21	APROBADO PARA CONSTRUCCION	C.M.	C.M.	D.C.	D.C.	-

NÚMERO DE PLANO	REV.	DESCRIPCIÓN
-PRB-102-003-042-DWG-203		UBICACION COLUMNAS DE REFORZAMIENTO - PLANTA
-PRB-102-003-042-DWG-204		SECCIONES TÍPICAS DE REFORZAMIENTO - SECCIONES Y ELEVACIONES
-PRB-102-003-042-DWG-001		NOTAS GENERALES DE CONCRETO
-PRB-102-003-042-DWG-002		ESTANDARES TÍPICOS

DIBUJADO : M. LA ROSA
 DISEÑADO : C. MAQUERA
 REVISADO : M. PISCONTE
 APROBADO POR J.D. :
 APROBADO POR G.I. :
 APROBADO POR G.P. :
 APROBADO CLIENTE :
 APROBADO CLIENTE :

FECHA : 05.ENE.21
 FECHA : 04.ENE.21
 FECHA : 06.ENE.21
 FECHA :
 FECHA :
 FECHA :
 FECHA :

FECHA: 16.nov.2022
 N° PROYECTO : 4500169504

ANÁLISIS ESTRUCTURAL
TECHO DE ENCAPSULADO DE PLOMO
INGENIERÍA

PLANO
RE-INGENIERIA DE COLUMNAS DE CONCRETO
ALMACEN DE PLOMO EXISTENTE
CIVIL
PLANOS DE REFORZAMIENTO - DETALLES

ESCALA:
 INDICADAS

NÚMERO DE PLANO:
 4500256903-PBR-102-003-042-DWG-205