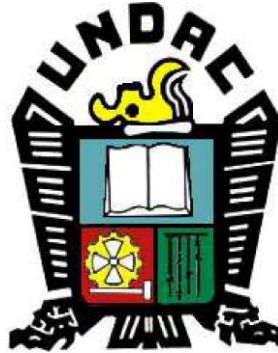


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Refuerzo estructural para la demolición parcial de estribos y zapatas optimizando la resistencia y estabilidad para la reconstrucción sostenible de un Puente –
Cajamarquilla 2023**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor:

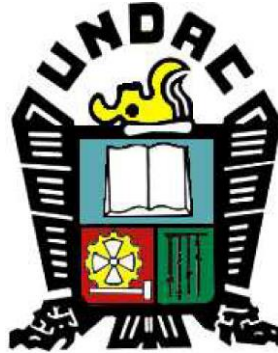
Bach. Jhonatan Cristopher MOGROVEJO CRISTOBAL

Asesor:

Dr. Hildebrando Anival CÓNDOR GARCÍA

Cerro de Pasco - Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Refuerzo estructural para la demolición parcial de estribos y zapatas optimizando la resistencia y estabilidad para la reconstrucción sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Jose German RAMIREZ MEDRANO
PRESIDENTE

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 105-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas
optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de
un Puente – Cajamarquilla 2023**

Apellidos y nombres de los tesisistas:

Bach. MOGROVEJO CRISTOBAL Jhonatan Cristopher

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. CÓNDOR GARCÍA, Hildebrando Anival

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

2 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 5 de abril del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.05.2024 09:26:21 -05:00

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a aquellos que han sido fundamentales en mi camino. Agradezco a todas las personas que, con su ejemplo y presencia, me han inspirado a seguir adelante y me han brindado su apoyo en los momentos difíciles. Este logro es también un homenaje a mi familia, amigos, y a todos aquellos que han confiado en mi potencial. A todos ustedes, muchas gracias por ser parte de mi vida

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con Dios por haber estado conmigo a lo largo de mi desarrollo personal y profesional. También quiero agradecer a mi padre por darme la fuerza para perseguir mi sueño, y a mi madre por inculcarme el valor de la determinación.

Además, agradezco a mi casa de estudios que me enseñó el potencial que el conocimiento puede tener cuando se combina con hábitos positivos

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la demolición parcial de estribos y zapatas en un puente ubicado en Cajamarquilla, con el objetivo de proponer un enfoque innovador de refuerzo estructural que optimice la resistencia y estabilidad durante su reconstrucción. El estudio se centra en la integración de tres ejes fundamentales: la aplicación de técnicas de demolición controlada, la implementación de estrategias de mitigación ambiental y la selección técnica de materiales de alto desempeño para el refuerzo.

A través de un marco teórico-científico especializado en ingeniería estructural y construcción sostenible, se establecieron las bases para evaluar la seguridad y viabilidad de la intervención. La metodología corresponde a una investigación aplicada con un nivel de estudio explicativo. Se adoptó un enfoque mixto que integra la investigación documental para el sustento normativo y analítico, junto con el análisis de estudios de caso para la validación práctica de las soluciones propuestas en el contexto de la infraestructura vial.

Los resultados obtenidos permitieron validar la efectividad de las técnicas de demolición seleccionadas, garantizando la integridad de las secciones remanentes y la estabilidad del conjunto estructural. Asimismo, se determinó que la correcta selección de materiales y la ejecución de planes ambientales no solo aseguran la seguridad de la obra, sino que incrementan la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. Se concluye que la propuesta constituye un aporte significativo para la ingeniería civil, proveyendo un modelo replicable para enfrentar los desafíos técnicos en la reconstrucción de infraestructuras críticas, equilibrando la eficiencia técnica con la responsabilidad ambiental.

Palabras clave: Refuerzo Estructural, Demolición Controlada, Sostenibilidad en Construcción, Ingeniería de Puentes, Reconstrucción de Infraestructura.

ABSTRACT

This research addresses the problem of partial demolition of abutments and footings in a bridge located in Cajamarquilla, aiming to propose an innovative structural reinforcement approach to optimize strength and stability during its reconstruction. The study focuses on three fundamental axes: the application of controlled demolition techniques, the implementation of environmental mitigation strategies, and the technical selection of high-performance materials for reinforcement.

Through a specialized theoretical-scientific framework in structural engineering and sustainable construction, the foundations were established to evaluate the safety and feasibility of the intervention. The methodology corresponds to applied research with an explanatory study level. A mixed approach was adopted, integrating documentary research for regulatory and analytical support, along with the analysis of case studies for the practical validation of the proposed solutions within the context of road infrastructure.

The results validated the effectiveness of the selected demolition techniques, ensuring the integrity of the remaining sections and the overall structural stability. Furthermore, it was determined that the correct selection of materials and the execution of environmental plans not only ensure the safety of the works but also enhance the long-term sustainability of the project. It is concluded that this proposal constitutes a significant contribution to civil engineering, providing a replicable model to address technical challenges in the reconstruction of critical infrastructure, balancing technical efficiency with environmental responsibility.

Keywords: Structural Reinforcement, Controlled Demolition, Construction Sustainability, Bridge Engineering, Infrastructure Reconstruction.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura de transporte desempeña un papel vital en la conectividad y movilidad de comunidades enteras. En este contexto, el puente ubicado en Cajamarquilla emerge como un elemento crítico para la red de transporte local. Sin embargo, su deterioro estructural progresivo ha generado una urgente necesidad de intervención para garantizar la seguridad de los usuarios y la funcionalidad a largo plazo.

El proyecto de investigación se enfoca en abordar este desafío mediante una demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en cuestión. Este enfoque, crucial para restaurar la integridad estructural, requiere una estrategia innovadora y sostenible que optimice la resistencia y estabilidad durante la reconstrucción.

La incapacidad actual para llevar a cabo esta demolición parcial de manera segura y efectiva constituye el núcleo del problema identificado. La falta de un enfoque técnico sólido y sostenible para esta tarea representa un desafío significativo que este proyecto se propone superar.

Además, la dimensión ambiental no puede ser ignorada. La necesidad de realizar la demolición y reconstrucción de manera sostenible se intensifica en un contexto global donde la preservación del entorno natural es esencial. La implementación de prácticas de construcción ecológicas y eficientes en el uso de recursos se convierte así en una prioridad.

Este proyecto se circunscribe a un marco específico para asegurar su viabilidad y aplicabilidad práctica. La delimitación espacial concentra la investigación en el puente de Cajamarquilla, con especial atención en los estribos y zapatas. La delimitación temporal se ajusta al año 2023, considerando las condiciones específicas de ese periodo. Técnicamente, se enfoca en el desarrollo de estrategias de refuerzo estructural dentro de las prácticas aceptadas en la ingeniería civil y la construcción sostenible. La delimitación de recursos se centra en la disponibilidad local y la viabilidad económica.

El problema central se resume en la pregunta: ¿Cómo desarrollar un enfoque de refuerzo estructural innovador y efectivo que permita la demolición parcial segura de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla, optimizando simultáneamente la resistencia

y la estabilidad durante la reconstrucción, sin comprometer la seguridad ni la integridad estructural del puente?

Los problemas específicos abordan las técnicas de demolición controlada, estrategias para minimizar el impacto ambiental y la selección de materiales locales para el refuerzo estructural.

Con el objetivo general de desarrollar un enfoque integral y sostenible, se plantean objetivos específicos que incluyen la investigación de técnicas de demolición, la implementación de estrategias ambientales y la identificación de materiales adecuados.

Este proyecto se erige como una respuesta estratégica a la necesidad urgente de asegurar la infraestructura crítica de Cajamarquilla, ofreciendo soluciones innovadoras y sostenibles para la demolición y reconstrucción de puentes.

INDICE

Página

DEDICATORIAi

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1. Identificación y determinación del problema | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación..... | 2 |
| 1.2.1 Delimitación espacial: | 2 |
| 1.2.2 Delimitación temporal:..... | 2 |
| 1.2.3 Delimitación técnica: | 3 |
| 1.2.4 Delimitación de recursos:..... | 3 |
| 1.3. Formulación del problema | 3 |
| 1.3.1 Problema principal | 3 |
| 1.3.2 Problemas específicos | 4 |
| 1.4. Formulación de Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1 Objetivos generales | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 4 |
| 1.5. Justificación de la investigación..... | 5 |
| 1.6. Limitaciones de la investigación | 6 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|---|
| 2.1. Antecedentes de estudio | 8 |
| 2.1.1 Antecedente y pre proyecto de investigación 1 | 8 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1.2 | Antecedente y pre proyecto de investigación 2 | 9 |
| 2.2. | Bases teóricas – científico | 10 |
| 2.2.1 | Refuerzo Estructural en Puentes..... | 10 |
| 2.2.2 | Demolición Controlada de Elementos Estructurales..... | 16 |
| 2.2.3 | Sostenibilidad en la Construcción de Infraestructuras..... | 23 |
| 2.2.4 | Selección de Materiales para Refuerzo Estructural..... | 29 |
| 2.2.5 | Seguridad en el Trabajo en Proyectos de Construcción..... | 38 |
| 2.3. | Definición de términos básicos | 41 |
| 2.4. | Formulación de hipótesis..... | 43 |
| 2.4.1 | Hipótesis general | 43 |
| 2.4.2 | Hipótesis específica | 43 |
| 2.5. | Identificación de variables | 44 |
| 2.5.1 | Variable independiente | 44 |
| 2.5.2 | Variable dependiente | 44 |
| 2.5.3 | Variable interviniente..... | 44 |
| 2.6. | Definición operacional de variables e indicadores | 45 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1. | tipo de investigación..... | 46 |
| 3.2. | nivel de investigación | 47 |
| 3.3. | Método de investigación..... | 48 |
| 3.4. | Diseño de la investigación..... | 49 |
| 3.5. | Población y muestra..... | 51 |
| 3.5.1 | Población | 51 |
| 3.5.2 | Muestra..... | 51 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 51 |
| 3.6.1 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos primarios:..... | 51 |
| 3.6.2 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos secundarios: | 52 |

| | |
|---|----|
| 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos..... | 52 |
| 3.7.1 Técnicas de procesamiento de datos:..... | 53 |
| 3.7.2 Técnicas de análisis de datos: | 53 |
| 3.8. Tratamiento estadístico | 54 |
| 3.9. Orientación ética filosófica y epistémica | 54 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo | 56 |
| 4.1.1 Investigación y Evaluación de Técnicas de Demolición Controlada: | 56 |
| 4.1.2 Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:..... | 58 |
| 4.1.3 Selección de Materiales para Refuerzo Estructural:..... | 59 |
| 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados | 61 |
| 4.2.1 Investigación y Evaluación de Técnicas de Demolición Controlada: | 61 |
| 4.2.2 Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:..... | 73 |
| 4.2.3 Selección de Materiales para Refuerzo Estructural:..... | 80 |
| 4.3. Prueba de hipótesis..... | 91 |
| 4.3.1 Hipótesis sobre Demolición Controlada:..... | 91 |
| 4.3.2 Hipótesis sobre Mitigación Ambiental:..... | 93 |
| 4.3.3 Hipótesis sobre Selección de Materiales:..... | 96 |
| 4.4. Discusión de resultados | 99 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1: Resultados de la Revisión Bibliográfica y Documental sobre Técnicas de Demolición Controlada | 61 |
| Tabla 2: Evaluación de Métodos de Demolición Controlada: Datos Numéricos para Prueba de Hipótesis | 63 |
| Tabla 3: Resultados de Pruebas Piloto y Experimentación de Técnicas de Demolición Controlada..... | 64 |
| Tabla 4: Resultados de Evaluación In Situ de Técnicas de Demolición Controlada | 66 |
| Tabla 5: Análisis de Factores de Seguridad y Eficiencia con Propiedades del Suelo y Datos de Diseño Estructural | 67 |
| Tabla 6: Colaboración con Expertos y Profesionales del Campo en Técnicas de Demolición Controlada | 69 |
| Tabla 7: Evaluación de la Integración de Resultados en el Diseño Global | 71 |
| Tabla 8: Evaluación del Entorno Natural para Técnicas de Demolición Controlada | 73 |
| Tabla 9: Evaluación para el Diseño de Medidas de Mitigación en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla | 75 |
| Tabla 10: Implementación de Prácticas Sostenibles en la Demolición Mecánica del Puente en Cajamarquilla | 76 |
| Tabla 11: Monitoreo Ambiental Continuo en la Reconstrucción durante la Demolición Mecánica | 77 |
| Tabla 12: Participación Comunitaria en la Reconstrucción durante la Demolición Mecánica | 78 |
| Tabla 13: Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas durante la Demolición Mecánica | 79 |
| Tabla 14: Núcleos Extraídos de concreto endurecido | 80 |

| | |
|---|----|
| Tabla 15: Evaluación para el Levantamiento Topográfico en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla | 82 |
| Tabla 16: Evaluación de Materiales Locales en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla..... | 83 |
| Tabla 17: Justificación de la Selección de Materiales Locales para la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla..... | 84 |
| Tabla 18: Viabilidad Económica para Materiales de Construcción en la Reconstrucción del Puente | 86 |
| Tabla 19: Cuadro de Resultados de Pruebas de Durabilidad y Resistencia | 88 |
| Tabla 20: Métodos de Demolición para el Puente en Cajamarquilla: Evaluación Económica..... | 89 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | Página |
|---|---------------|
| Ilustración 1: Demolición Controlada en puente (Fuente: Propio)..... | 65 |
| Ilustración 2: Demolición controlada en puente (Fuente: Propio) | 65 |
| Ilustración 3: Verificación de las condiciones mecánicas de la estructura | 80 |
| Ilustración 4: Verificación Topográfica del puente | 81 |
| Ilustración 5: Verificación Topográfica del puente | 81 |
| Ilustración 6: Verificación Topográfica del puente | 81 |
| Ilustración 7: Verificación Topográfica del puente | 82 |
| Ilustración 8: Verificación Topográfica del puente | 82 |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El proyecto de investigación se centra en la necesidad crucial de llevar a cabo una demolición parcial controlada de los estribos y zapatas de un puente específico ubicado en Cajamarquilla en el año 2023. El deterioro progresivo del puente ha llevado a una disminución significativa en su integridad estructural, lo que plantea una amenaza inminente para la seguridad de los transeúntes y vehículos que dependen de esta ruta vital de transporte. Además, los cambios en las cargas de tráfico y los patrones de utilización han contribuido al debilitamiento general de los elementos estructurales clave del puente, requiriendo una intervención urgente y bien planificada.

El problema identificado se basa en la incapacidad actual de llevar a cabo la demolición parcial de los estribos y zapatas del puente de manera efectiva y segura, mientras se garantiza la integridad estructural y la estabilidad general del puente durante el proceso de demolición y reconstrucción. La falta de un enfoque técnico sólido y sostenible para la demolición y reconstrucción de estas partes críticas del puente representa un desafío significativo que requiere una solución exhaustiva y de vanguardia.

Además, la demolición y reconstrucción de los estribos y zapatas deben realizarse de manera sostenible, minimizando al máximo posible el impacto ambiental y maximizando la eficiencia de los recursos utilizados en el proceso. Esta necesidad de sostenibilidad se vuelve aún más crucial dada la creciente conciencia global sobre la importancia de implementar prácticas de construcción ecológicas y la preservación del entorno natural.

1.2. Delimitación de la investigación

El proyecto de investigación "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023" se delimita dentro de un marco específico para garantizar la viabilidad y la aplicabilidad práctica de los resultados. Esta delimitación se lleva a cabo considerando diversos factores clave que afectan directamente la implementación y el alcance de la investigación, entre los que se incluyen:

1.2.1. Delimitación espacial:

El enfoque de la investigación se concentra exclusivamente en el puente ubicado en la zona de Cajamarquilla, con una atención específica en los estribos y zapatas identificados como áreas críticas que requieren una intervención inmediata. Aunque los principios y metodologías desarrollados puedan tener aplicaciones potenciales en otros proyectos de infraestructura, la investigación se enfoca únicamente en este puente y su contexto local.

1.2.2. Delimitación temporal:

El estudio se centra en el proceso de demolición parcial, refuerzo estructural y reconstrucción sostenible del puente específico en Cajamarquilla en el año 2023. Los hallazgos y las recomendaciones estarán orientados a las condiciones y los desafíos particulares que se presentan durante este período, considerando factores

económicos, ambientales y sociales relevantes en el entorno del proyecto en ese momento específico.

1.2.3. Delimitación técnica:

La investigación se enfoca en el desarrollo de estrategias de refuerzo estructural que permitan la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas, priorizando la optimización de la resistencia y la estabilidad del puente durante todo el proceso de reconstrucción. Se considerarán distintos enfoques técnicos, como el uso de materiales y técnicas de construcción innovadoras, pero siempre dentro de los límites de las prácticas aceptadas en la ingeniería civil y la construcción sostenible.

1.2.4. Delimitación de recursos:

La investigación se llevará a cabo considerando los recursos disponibles, tanto en términos de financiamiento como de materiales y personal capacitado. Se considerará la viabilidad económica y la disponibilidad de recursos locales para garantizar la implementación práctica de las soluciones propuestas, evitando la dependencia excesiva de recursos externos y costosos que podrían limitar la replicabilidad a gran escala de los hallazgos y las recomendaciones obtenidas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo desarrollar un enfoque de refuerzo estructural innovador y efectivo que permita la demolición parcial segura de los estribos y zapatas de un puente en Cajamarquilla, optimizando simultáneamente la resistencia y la estabilidad del puente durante el proceso de reconstrucción, sin comprometer la seguridad de los trabajadores ni la integridad estructural general del puente?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las técnicas más apropiadas y efectivas para llevar a cabo la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla?
2. ¿Qué estrategias pueden implementarse para minimizar el impacto ambiental durante la demolición y reconstrucción, asegurando al mismo tiempo la sostenibilidad del proyecto y el entorno local?
3. ¿Cuáles son los materiales más adecuados y disponibles localmente que pueden utilizarse en el proceso de refuerzo estructural y reconstrucción del puente, teniendo en cuenta la viabilidad económica y la calidad de los resultados a largo plazo?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Desarrollar un enfoque de refuerzo estructural integral y sostenible que permita la demolición parcial segura de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla, optimizando la resistencia y la estabilidad del puente durante el proceso de reconstrucción, garantizando la seguridad de los trabajadores y la integridad estructural general del puente.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Investigar y evaluar las técnicas más apropiadas y efectivas para la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla, considerando factores de seguridad y eficiencia.
2. Diseñar e implementar estrategias de mitigación ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción, integrando prácticas de construcción sostenible y minimizando el impacto negativo en el entorno local.

3. Identificar y seleccionar los materiales más adecuados y disponibles localmente para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente, considerando la viabilidad económica, la durabilidad y la eficacia a largo plazo.

1.5. Justificación de la investigación

La importancia y la relevancia de llevar a cabo la investigación sobre el refuerzo estructural para la demolición parcial de los estribos y zapatas de un puente en Cajamarquilla, así como la optimización de la resistencia y estabilidad durante la reconstrucción sostenible, se fundamenta en varios aspectos fundamentales que requieren una atención inmediata y exhaustiva:

1. **Preservación de la seguridad pública:** Dada la degradación progresiva del puente y la necesidad de llevar a cabo una demolición parcial, es imperativo garantizar la seguridad de los usuarios y la comunidad en general. La implementación de un enfoque de refuerzo estructural innovador y efectivo contribuirá a salvaguardar la integridad del puente durante todo el proceso de reconstrucción, mitigando así los riesgos potenciales para la seguridad pública y el transporte local.
2. **Sostenibilidad y preservación del medio ambiente:** La implementación de estrategias para minimizar el impacto ambiental durante la demolición y reconstrucción del puente se alinea con la necesidad cada vez más apremiante de promover prácticas de construcción sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. La investigación buscará identificar y proponer soluciones que reduzcan al mínimo los efectos negativos en el entorno local, al tiempo que promuevan la conservación del ecosistema y los recursos naturales.
3. **Eficiencia de recursos y viabilidad económica:** Al utilizar materiales locales adecuados y estrategias de construcción eficientes, la investigación contribuirá a optimizar el uso de los recursos disponibles, evitando la dependencia excesiva de

insumos costosos y difíciles de obtener. Esto se traducirá en un impacto económico positivo a largo plazo, al garantizar la viabilidad financiera del proyecto y la sostenibilidad económica de la región.

4. Avance en el campo de la ingeniería civil: La investigación propuesta tiene el potencial de aportar nuevos conocimientos y enfoques innovadores en el campo de la ingeniería civil y la construcción. Al abordar desafíos técnicos y estructurales complejos, se espera que los resultados de la investigación sirvan como referencia para proyectos futuros similares, tanto a nivel local como internacional, contribuyendo así al avance y desarrollo continuo de prácticas y tecnologías en este campo crucial.

1.6. Limitaciones de la investigación

A pesar de la importancia y la relevancia del proyecto de investigación sobre el refuerzo estructural para la demolición parcial de estribos y zapatas de un puente en Cajamarquilla, es importante reconocer y considerar las limitaciones que podrían afectar la ejecución y los resultados del estudio. Algunas de las limitaciones incluyen:

1. Disponibilidad limitada de datos: La falta de datos detallados o actualizados sobre las condiciones exactas del puente y su entorno inmediato podría limitar la precisión y la exhaustividad de los análisis y evaluaciones iniciales necesarios para el desarrollo de soluciones efectivas.
2. Restricciones de recursos: Las limitaciones en términos de financiamiento, materiales especializados y equipo técnico podrían afectar la capacidad de llevar a cabo pruebas y experimentos extensivos, lo que podría restringir el alcance y la profundidad de la investigación.
3. Factores temporales y estacionales: Las condiciones climáticas y las restricciones de tiempo podrían limitar la disponibilidad de ciertas técnicas de construcción y

métodos de investigación durante ciertos períodos del año, lo que podría afectar la planificación y la implementación de algunas fases clave del proyecto.

4. Restricciones de acceso: La limitada accesibilidad a ciertas áreas del puente debido a razones de seguridad u otros factores logísticos podría dificultar la obtención de datos y la realización de inspecciones detalladas, lo que podría impactar la exhaustividad de la evaluación inicial y la implementación de soluciones.
5. Factores externos imprevistos: Eventos inesperados, como desastres naturales o cambios en las regulaciones gubernamentales, podrían influir en la ejecución del proyecto y potencialmente requerir ajustes en la planificación y la metodología de investigación.
6. Limitaciones de la metodología: Las limitaciones inherentes a las metodologías de investigación seleccionadas, como la falta de acceso a ciertos equipos especializados o la complejidad técnica de ciertos enfoques, podrían restringir la capacidad de obtener resultados completamente exhaustivos y precisos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedente y pre proyecto de investigación 1

El proyecto de investigación del reforzamiento del Puente Ricardo Palma, ubicado en el kilómetro 38 + 800 de la Carretera Central en Lima, se basa en la tesis presentada por el Bach. Bueno Okuhama, Augusto Rodrigo. El estudio se enfoca en el análisis del comportamiento sísmico del puente, diseñado hace aproximadamente 60 años con la norma francesa, en comparación con las especificaciones actuales de la norma AASHTO LRFD Seismic Bridge Design Specifications 2014 y el AASHTO MBE 2010.

El propósito de esta investigación es evaluar la demanda sísmica y la capacidad de desplazamiento del Puente Ricardo Palma, así como determinar los factores de ratio de las diferentes secciones del puente de acuerdo con las normas mencionadas anteriormente. En caso de que alguna sección no cumpla con los criterios asumidos, se propone el refuerzo con CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) utilizando el método AASHTO Design of Bounded FRP System for Repair.

El estudio emplea la fibra de carbono distribuida en el país, específicamente la Sika Carbodur S1214, para calcular la fuerza resistente de las diferentes partes de la sección estudiada y determinar el grado de participación de la fibra de carbono en el nuevo momento resistente. Se destacó que el uso de las fibras de carbono aumentó la capacidad a la flexión en un 22% con el uso de una sola tira en la zona a reforzar.

En resumen, la investigación demuestra la efectividad del uso de fibras de carbono en el reforzamiento de puentes de arco de tablero superior, particularmente ejemplificado en el caso del Puente Ricardo Palma. Las conclusiones del estudio proporcionan información valiosa para la comunidad de ingeniería civil y destacan la viabilidad y el potencial de utilizar CFRP en proyectos de infraestructura similares para mejorar la resistencia y la capacidad estructural de los puentes existentes.

2.1.2. Antecedente y pre proyecto de investigación 2

La investigación llevada a cabo por el autor Jorge Haroldo Salaverría Reyes se centra en un estudio experimental sobre la reparación y refuerzo de puentes utilizando fibras sintéticas y pretensado exterior. En el contexto actual de la ingeniería civil, se reconoce la necesidad creciente de abordar problemas de durabilidad del hormigón armado y pretensado en puentes, lo que ha llevado al desarrollo y la aplicación de nuevos materiales y técnicas constructivas para la reparación y el refuerzo de estructuras existentes.

El estudio se enfoca en definir la técnica de reparación de puentes utilizando fibras aramidadas y Tejidos de Fibra de Carbono (TFC) pegados exteriormente, con el objetivo de reducir los costos de las reparaciones y mejorar las características del comportamiento estructural frente a diversas sollicitaciones y agentes agresivos. La investigación se divide en varias fases, que incluyen pruebas de adherencia en probetas prismáticas, ensayos en un modelo de puente continuo, reparaciones pertinentes y análisis comparativos entre los modelos teóricos y los resultados experimentales.

Se destacan los esfuerzos por determinar la eficacia de la técnica de reparación utilizando fibras sintéticas y pretensado exterior, así como la importancia de desarrollar análisis exhaustivos para obtener comparaciones relevantes, incluyendo deformaciones, comportamiento seccional y capacidad de carga. Los resultados obtenidos en este estudio experimental proporcionan valiosas sugerencias y conclusiones para futuras aplicaciones prácticas y para investigaciones posteriores en el campo del refuerzo de puentes y estructuras de hormigón armado.

2.2. Bases teóricas – científico

2.2.1. Refuerzo Estructural en Puentes

Principios Fundamentales de Refuerzo Estructural

El refuerzo estructural es un conjunto de técnicas y estrategias aplicadas para mejorar la capacidad de carga y la resistencia sísmica de las estructuras existentes. Estos principios fundamentales son esenciales para comprender la base teórica detrás del proceso de refuerzo y garantizar su eficacia en la demolición parcial y reconstrucción sostenible de puentes, como en el caso del proyecto en Cajamarquilla.

1. Evaluación de la Estructura Existente:

- Antes de comenzar cualquier proceso de refuerzo, es crucial realizar una evaluación exhaustiva de la estructura existente. Esto implica la identificación de las debilidades, daños estructurales y cualquier otro factor que pueda afectar la integridad del puente. La comprensión precisa del estado actual de la infraestructura es esencial para diseñar un plan de refuerzo efectivo.

2. Selección de Técnicas de Refuerzo Adecuadas:

- Diferentes estructuras requieren enfoques de refuerzo específicos. La elección de las técnicas adecuadas depende de diversos factores, como la naturaleza de los materiales estructurales, el tipo de carga que soporta la estructura y la magnitud de los daños. Algunas técnicas comunes incluyen el

uso de refuerzos de fibra de carbono, la adición de elementos estructurales adicionales y la inyección de materiales compuestos.

3. Consideraciones Sísmicas:

- En regiones propensas a actividad sísmica, es crucial tener en cuenta los principios de refuerzo sísmico. Esto implica la aplicación de dispositivos y sistemas que mejoren la capacidad de la estructura para resistir y absorber fuerzas sísmicas. El refuerzo sísmico puede incluir la instalación de aisladores de base, disipadores de energía y sistemas de control de vibraciones.

4. Compatibilidad con la Estructura Original:

- Cualquier intervención de refuerzo debe ser compatible con la estructura original del puente. Esto significa que las modificaciones no deben comprometer la estabilidad global ni la funcionalidad del puente. La integración armoniosa de las soluciones de refuerzo con la estructura existente es esencial para garantizar un rendimiento estructural óptimo.

5. Monitoreo Continuo:

- El proceso de refuerzo no concluye con la implementación de las técnicas. Es vital establecer sistemas de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento a lo largo del tiempo. Esto implica la medición de cargas, deformaciones y otros indicadores relevantes para garantizar que la estructura reforzada cumpla con los estándares de seguridad y resistencia previstos.

6. Consideraciones Económicas y Ambientales:

- Los principios de refuerzo también deben abordar consideraciones económicas y ambientales. La elección de materiales y técnicas debe equilibrar la eficacia con la viabilidad económica y la sostenibilidad ambiental,

garantizando que el proyecto sea económicamente viable y respetuoso con el entorno local.

Métodos Convencionales de Refuerzo en Puentes

Los métodos convencionales de refuerzo en puentes son técnicas establecidas y probadas que se utilizan para mejorar la capacidad estructural y prolongar la vida útil de las infraestructuras existentes. Estos métodos, basados en principios de ingeniería sólidos, son esenciales para abordar deficiencias estructurales y garantizar la seguridad y estabilidad a lo largo del tiempo. A continuación, se describen algunos de los métodos convencionales más comúnmente empleados en el refuerzo de puentes:

1. Añadido de Materiales Reforzantes:

- Este método implica la adición de materiales específicos para fortalecer las secciones estructurales críticas del puente. Entre estos materiales, se incluyen refuerzos de fibra de carbono, acero de refuerzo y materiales compuestos. La aplicación de estos materiales se realiza mediante técnicas como el enrollado de láminas de fibra de carbono o la instalación de barras de acero adicionales.

2. Refuerzo de Vigas y Losas:

- Frecuentemente, las vigas y losas son áreas críticas en la estructura de un puente. Los métodos convencionales de refuerzo incluyen la adición de refuerzos estructurales, como perfiles de acero adicionales o sistemas de cables tensor, para mejorar la capacidad de carga y resistencia a esfuerzos cortantes.

3. **Puentes de Concreto Postensado:**

- El concreto postensado es un método que implica la introducción de cables de acero tensados en las secciones de concreto. Esta tensión se aplica después de que el concreto ha alcanzado cierta resistencia. Este método mejora la capacidad de carga y la resistencia a la flexión del puente, al tiempo que reduce las tensiones internas en el concreto.

4. **Refuerzo de Pilares:**

- Los pilares son componentes críticos en la estabilidad estructural de un puente. Los métodos convencionales de refuerzo para pilares incluyen la adición de materiales de refuerzo, envolturas de fibra de carbono o la introducción de elementos de acero para mejorar la capacidad de carga y resistencia a la compresión.

5. **Sistemas de Aislamiento Sísmico:**

- En áreas propensas a actividad sísmica, se utilizan sistemas de aislamiento sísmico para reducir las fuerzas transmitidas a la estructura. Esto implica la instalación de dispositivos como aisladores de base y cojines deslizantes, que permiten que la estructura se mueva de manera controlada durante un terremoto, minimizando así los daños.

6. **Refuerzo de Cimientos:**

- La estabilidad de los cimientos es esencial para la integridad estructural de un puente. Métodos convencionales de refuerzo de cimientos incluyen la inyección de materiales estabilizadores, la instalación de pilotes adicionales o la redistribución de cargas para mejorar la capacidad de soporte del suelo.

7. Recuperación de Elementos Estructurales:

- En algunos casos, se puede optar por la recuperación de elementos estructurales dañados. Esto implica la reparación de secciones deterioradas, la sustitución de elementos dañados o la aplicación de técnicas de refuerzo localizado para restablecer la integridad de la estructura.

Innovaciones Recientes en Refuerzo Estructural de Puentes

El campo del refuerzo estructural de puentes ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, impulsados por la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías. Estas innovaciones buscan mejorar la eficiencia, la durabilidad y la sostenibilidad de los puentes, abordando desafíos específicos y brindando soluciones más avanzadas. A continuación, se describen algunas de las innovaciones recientes en el refuerzo estructural de puentes:

1. Materiales Compuestos Avanzados:

- El uso de materiales compuestos de alta resistencia, como polímeros reforzados con fibra de carbono (PRFC), ha ganado popularidad en el refuerzo estructural. Estos materiales son ligeros y poseen una resistencia excepcional, lo que los hace ideales para mejorar la capacidad de carga de las estructuras sin agregar una carga significativa.

2. Sensores Integrados para Monitoreo Estructural:

- La integración de sensores inteligentes en las estructuras permite un monitoreo en tiempo real del comportamiento estructural. Estos sensores pueden medir tensiones, deformaciones y otros indicadores clave, proporcionando datos precisos sobre el rendimiento de la estructura. Esta información es vital para la toma de decisiones informadas sobre mantenimiento y futuras intervenciones.

3. Tecnologías de Impresión 3D para Refuerzo:

- La impresión 3D ha demostrado ser una tecnología prometedora en la fabricación de elementos de refuerzo estructural personalizados. Esta técnica permite la creación de geometrías complejas y optimizadas, adaptadas específicamente a las necesidades de refuerzo de una estructura particular. La impresión 3D también facilita la fabricación en el lugar, reduciendo costos logísticos.

4. Refuerzo Sísmico Adaptativo:

- Los sistemas de refuerzo sísmico adaptativo utilizan tecnologías como amortiguadores electromagnéticos y sistemas de control activo para ajustar dinámicamente la rigidez y amortiguación de la estructura en respuesta a las fuerzas sísmicas. Esto proporciona una adaptabilidad continua durante un evento sísmico, mejorando la capacidad de resistencia y reduciendo los daños.

5. Nanomateriales para Refuerzo:

- La aplicación de nanomateriales, como nanotubos de carbono, en la fabricación de materiales de refuerzo ofrece propiedades mecánicas mejoradas a niveles microscópicos. Estos materiales pueden fortalecer la matriz del concreto y mejorar la resistencia a la fatiga y la durabilidad de las estructuras.

6. Robótica para Aplicación de Refuerzo:

- Sistemas robóticos se utilizan para la aplicación precisa de técnicas de refuerzo, especialmente en áreas de difícil acceso. Estos robots pueden realizar tareas como la colocación de refuerzos de fibra de carbono en

ubicaciones críticas, minimizando el riesgo para los trabajadores y mejorando la calidad de la aplicación.

7. Realidad Aumentada y Modelado 3D:

- El uso de realidad aumentada y modelado tridimensional facilita la planificación y ejecución de proyectos de refuerzo. Permite a los ingenieros visualizar la estructura en tiempo real, superponiendo datos de diseño y simulaciones para optimizar la colocación de refuerzos y garantizar una implementación precisa.

2.2.2. Demolición Controlada de Elementos Estructurales

Técnicas Avanzadas de Demolición Controlada

La demolición controlada es un aspecto crítico en proyectos de refuerzo estructural, especialmente cuando se trata de la demolición parcial de estribos y zapatas en puentes. Estas técnicas avanzadas buscan garantizar que la demolición se realice de manera segura, precisa y eficiente, minimizando el impacto en la estructura circundante y reduciendo al máximo los riesgos asociados. A continuación, se describen algunas de las técnicas avanzadas de demolición controlada:

1. Demolición con Explosivos Precisos:

- Aunque el uso de explosivos puede parecer contradictorio con la idea de control, las técnicas modernas permiten la demolición selectiva y precisa. Explosivos especiales se colocan estratégicamente para cortar y fragmentar secciones específicas de la estructura. Esta técnica requiere una planificación meticulosa y un control preciso para evitar daños no deseados.

2. Corte con Hilo Diamantado:

- La técnica de corte con hilo diamantado utiliza cables recubiertos de diamantes para cortar con precisión a través de materiales resistentes, como

el concreto. Esta técnica es especialmente útil en lugares donde la demolición convencional puede resultar difícil o donde se requiere una precisión extrema. El hilo diamantado permite cortes limpios y controlados.

3. Hidrodemolición de Alta Presión:

- La hidrodemolición utiliza agua a alta presión para desgastar y eliminar el concreto. Esta técnica es efectiva para la demolición controlada, ya que permite ajustar la presión y el flujo de agua según las necesidades específicas del proyecto. Además, reduce la generación de polvo, lo que puede ser beneficioso en entornos urbanos o sensibles.

4. Robotización y Control Remoto:

- La utilización de robots controlados de forma remota permite la ejecución de tareas de demolición en áreas de difícil acceso o en entornos peligrosos. Estos robots pueden llevar a cabo operaciones precisas y controladas, minimizando los riesgos para los trabajadores y asegurando una demolición selectiva.

5. Uso de Cargas Silenciosas:

- Las cargas silenciosas, también conocidas como cargas no explosivas, son una alternativa segura para la demolición controlada. Estas cargas generan vibraciones mínimas y ruido reducido, lo que las hace adecuadas para entornos urbanos o sensibles. Se utilizan para cortar y separar secciones específicas sin afectar negativamente las áreas circundantes.

6. Corte por Plasma:

- La técnica de corte por plasma utiliza un chorro de gas ionizado para cortar materiales conductores, como el acero. Es especialmente útil para la demolición controlada de elementos metálicos en la estructura del puente.

Proporciona cortes precisos y una mayor eficiencia en comparación con métodos convencionales.

7. Control de Polvo y Residuos:

- La gestión de polvo y residuos es esencial en proyectos de demolición. Técnicas avanzadas incluyen sistemas de supresión de polvo y la implementación de métodos para la recopilación y disposición segura de los residuos generados durante la demolición.

Consideraciones de Seguridad en la Demolición de Puentes

La demolición de puentes es una fase crítica en proyectos de refuerzo estructural, y la seguridad durante este proceso es de suma importancia. La complejidad de la tarea, la presencia de materiales potencialmente peligrosos y la necesidad de trabajar en alturas pueden generar riesgos significativos para los trabajadores y el entorno. Por lo tanto, es esencial abordar consideraciones de seguridad de manera exhaustiva. Aquí se describen extensamente varias de estas consideraciones:

1. Evaluación Integral de Riesgos:

- Antes de iniciar cualquier actividad de demolición, se debe realizar una evaluación integral de riesgos. Esto implica identificar y analizar todos los posibles peligros asociados con la demolición, considerando factores como la estructura del puente, la presencia de sustancias tóxicas, la proximidad a áreas residenciales y la maquinaria utilizada.

2. Planificación y Protocolos de Seguridad:

- Elaborar un plan detallado de demolición que incluya protocolos de seguridad específicos es crucial. Este plan debe abordar la secuencia de demolición, las medidas de protección personal, los procedimientos de evacuación y los

protocolos de comunicación. La planificación anticipada es esencial para minimizar los riesgos y garantizar la seguridad de todos los involucrados.

3. Formación y Capacitación del Personal:

- Proporcionar formación y capacitación adecuadas al personal es esencial. Los trabajadores deben estar familiarizados con los riesgos asociados con la demolición y estar equipados con habilidades específicas, incluido el manejo seguro de herramientas y maquinaria. La capacitación continua garantiza que el personal esté al tanto de las últimas prácticas de seguridad.

4. Equipamiento de Protección Personal (EPP):

- El uso de Equipamiento de Protección Personal (EPP) es obligatorio durante la demolición. Esto incluye cascos, gafas de seguridad, guantes resistentes, calzado de seguridad y otros elementos específicos según las tareas realizadas. Garantizar que cada trabajador esté adecuadamente equipado contribuye a minimizar lesiones.

5. Monitoreo Ambiental:

- Se debe realizar un monitoreo ambiental continuo para detectar y controlar posibles riesgos como la presencia de polvo, gases tóxicos o contaminantes en el aire. Establecer límites seguros y contar con sistemas de ventilación adecuados es crucial para proteger la salud de los trabajadores y del entorno circundante.

6. Control de Ruido y Vibraciones:

- La demolición puede generar niveles significativos de ruido y vibraciones. Implementar medidas para controlar estos aspectos es esencial, especialmente en áreas residenciales cercanas. Esto puede incluir el uso de

barreras acústicas, la programación de trabajos en horarios específicos y la instalación de dispositivos de absorción de vibraciones.

7. Gestión de Residuos Peligrosos:

- La demolición puede generar residuos peligrosos, como amianto u otros materiales contaminantes. La gestión segura de estos residuos, su identificación y eliminación de acuerdo con las normativas ambientales son críticas para evitar impactos negativos en la salud y el medio ambiente.

8. Comunicación y Coordinación:

- Establecer una comunicación efectiva y una coordinación adecuada entre todos los miembros del equipo es fundamental. Esto incluye la comunicación clara de procedimientos de seguridad, la designación de roles y responsabilidades, y la implementación de un sistema de alerta temprana en caso de emergencia.

9. Evacuación de Emergencia:

- Diseñar y comunicar claramente planes de evacuación de emergencia es esencial para responder rápidamente a situaciones imprevistas. Todos los trabajadores deben conocer los procedimientos de evacuación y la ubicación de los puntos de encuentro seguros.

10. Supervisión Continua:

- La supervisión continua por parte de supervisores de seguridad es esencial durante todo el proceso de demolición. La presencia de profesionales capacitados garantiza que se cumplan los protocolos de seguridad y que se tomen medidas correctivas inmediatas en caso de cualquier riesgo identificado.

Experiencias Previas en Demolición Parcial de Estribos y Zapatas

El análisis de experiencias previas en la demolición parcial de estribos y zapatas en puentes proporciona valiosos conocimientos y lecciones aprendidas que pueden guiar el desarrollo de estrategias seguras y eficientes en proyectos futuros, como el caso en Cajamarquilla. Al explorar estas experiencias, se obtiene una base sólida para abordar desafíos específicos y mejorar las prácticas de demolición. A continuación, se describen algunas consideraciones y aprendizajes basados en experiencias previas:

1. Evaluación Detallada de la Estructura Existente:

- Experiencias previas resaltan la importancia de realizar una evaluación detallada de la estructura antes de la demolición. Identificar debilidades estructurales, patologías y condiciones específicas es esencial para planificar y ejecutar la demolición de manera segura y eficiente.

2. Planificación Rigurosa del Proceso de Demolición:

- Proyectos anteriores han demostrado que una planificación rigurosa es clave para el éxito de la demolición parcial. Esto incluye la definición de secuencias de trabajo, la estimación precisa de plazos y la consideración detallada de los métodos de demolición más apropiados para cada componente estructural.

3. Uso de Tecnologías Avanzadas:

- Experiencias exitosas han incorporado tecnologías avanzadas, como escaneo láser 3D y modelado BIM (Building Information Modeling), para obtener una comprensión más precisa de la estructura antes de la demolición. Estas tecnologías facilitan la toma de decisiones informadas y contribuyen a la precisión en la ejecución de la demolición.

4. Minimización de Vibraciones y Impacto Ambiental:

- Proyectos anteriores han destacado la importancia de minimizar las vibraciones y el impacto ambiental durante la demolición. La implementación de técnicas específicas, como el uso de equipos de demolición controlada y sistemas de aislamiento de vibraciones, ha sido efectiva para reducir el riesgo de daño a estructuras circundantes y mejorar la aceptación comunitaria.

5. Consideración de Condiciones Geotécnicas:

- Experiencias previas han resaltado la importancia de considerar las condiciones geotécnicas del sitio. Las propiedades del suelo y la fundación son cruciales para determinar la viabilidad de las técnicas de demolición y el impacto en la estabilidad del terreno circundante.

6. Gestión Eficiente de Residuos y Materiales Recuperados:

- La gestión eficiente de los residuos generados durante la demolición es una lección clave. Experiencias anteriores han demostrado la importancia de separar y gestionar adecuadamente los materiales recuperados para su reciclaje o reutilización, contribuyendo así a prácticas más sostenibles.

7. Monitoreo Continuo de la Estructura:

- Experiencias exitosas han implementado sistemas de monitoreo continuo durante la demolición y la reconstrucción. Esto permite la detección temprana de cualquier cambio en la estabilidad estructural y facilita ajustes inmediatos en caso de desviaciones respecto al plan original.

8. Colaboración Interdisciplinaria:

- La colaboración estrecha entre ingenieros estructurales, geotécnicos, ambientales y otros profesionales es esencial. Experiencias previas han demostrado que una aproximación interdisciplinaria facilita la identificación y

solución de desafíos complejos asociados con la demolición parcial de estribos y zapatas.

9. Comunicación Transparente con la Comunidad:

- La comunicación transparente con la comunidad local es una lección clave. Experiencias anteriores han demostrado que informar y consultar a la comunidad sobre el proceso de demolición, las medidas de seguridad y los posibles impactos ayuda a construir la aceptación y a abordar preocupaciones.

10. Flexibilidad ante Desafíos Inesperados:

- Experiencias pasadas han subrayado la importancia de la flexibilidad. La demolición puede presentar desafíos imprevistos, y la capacidad de adaptarse rápidamente a situaciones cambiantes contribuye al éxito general del proyecto.

2.2.3. Sostenibilidad en la Construcción de Infraestructuras

Estrategias para Minimizar el Impacto Ambiental en la Construcción de Puentes

La construcción de puentes, incluida la demolición parcial y reconstrucción, puede tener un impacto significativo en el entorno ambiental circundante. La implementación de estrategias para minimizar este impacto es esencial para promover la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente. A continuación, se describen extensamente diversas estrategias que pueden ser aplicadas:

1. Evaluación Ambiental Preliminar:

- Antes de iniciar cualquier proyecto de construcción, se debe llevar a cabo una evaluación ambiental preliminar para identificar áreas sensibles, especies en peligro de extinción y otros factores ambientales críticos. Esta información

servirá como base para el diseño y la planificación de estrategias de mitigación.

2. Planificación y Diseño Sostenible:

- Integrar principios de planificación y diseño sostenible desde las etapas iniciales del proyecto es fundamental. Esto implica la selección de materiales respetuosos con el medio ambiente, la optimización de la eficiencia energética y la consideración de la biodiversidad local en el diseño del puente.

3. Uso de Materiales Sostenibles y Reciclados:

- La elección de materiales sostenibles y reciclados reduce la demanda de recursos naturales y disminuye la generación de residuos. Se deben priorizar materiales certificados como madera de origen sostenible, hormigón reciclado y acero reciclado.

4. Técnicas de Construcción Liviana:

- Emplear técnicas de construcción liviana, cuando sea posible, minimiza la carga sobre el suelo y reduce la perturbación del entorno natural. Esto es especialmente relevante en zonas con ecosistemas delicados o suelos sensibles.

5. Minimización de Residuos y Reciclaje:

- Implementar medidas para minimizar la generación de residuos y fomentar el reciclaje es esencial. Establecer un sistema de clasificación de residuos en el lugar de construcción y colaborar con instalaciones de reciclaje locales contribuye a una gestión más sostenible de los desechos.

6. Control de Emisiones y Polvo:

- La aplicación de medidas para controlar las emisiones de gases y la generación de polvo es crucial. Esto puede incluir el uso de tecnologías de control de emisiones en maquinaria, así como sistemas de riego para suprimir el polvo durante la demolición y la construcción.

7. Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas:

- Desarrollar planes de restauración y rehabilitación para las áreas afectadas durante la construcción es esencial. Esto implica la revegetación de zonas de excavación, la restauración de cursos de agua alterados y la implementación de medidas para preservar y mejorar la calidad del suelo.

8. Control de Ruido:

- Reducir el impacto acústico en el entorno circundante mediante la implementación de tecnologías de control de ruido en maquinaria y la programación de actividades ruidosas en momentos apropiados. Esto es crucial, especialmente en zonas residenciales.

9. Gestión del Agua:

- Implementar estrategias para gestionar eficientemente el agua durante la construcción. Esto incluye la prevención de la escorrentía de sedimentos hacia cuerpos de agua, la implementación de prácticas de gestión de aguas pluviales y la protección de humedales y ecosistemas acuáticos cercanos.

10. Participación Comunitaria y Educación Ambiental:

- Fomentar la participación comunitaria y proporcionar educación ambiental a los residentes locales crea conciencia y apoyo para las medidas de mitigación ambiental. La colaboración con la comunidad puede generar ideas valiosas y contribuir al éxito a largo plazo del proyecto.

11. **Tecnologías Innovadoras y Sostenibles:**

- Utilizar tecnologías innovadoras y sostenibles puede mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Esto puede incluir el uso de energías renovables en la construcción, la aplicación de tecnologías de construcción modular y el empleo de métodos de construcción más eficientes.

12. **Monitoreo Ambiental Continuo:**

- Establecer sistemas de monitoreo ambiental continuo permite evaluar el impacto ambiental a lo largo del tiempo. Esto proporciona

Integración de Prácticas Sostenibles en Demolición y Reconstrucción

La integración de prácticas sostenibles en la demolición y reconstrucción de puentes es esencial para garantizar un impacto mínimo en el medio ambiente y promover la sostenibilidad a largo plazo. Estas prácticas van más allá de la simple mitigación de impactos y buscan activamente contribuir al bienestar ambiental y social. A continuación, se describen extensamente diversas estrategias para integrar prácticas sostenibles en este contexto:

1. **Demolición Selectiva y Recuperación de Materiales:**

- La demolición selectiva, enfocada en la separación y recuperación de materiales valiosos, es una práctica fundamental. Esto incluye la identificación y extracción cuidadosa de materiales reutilizables, como acero y concreto, para su posterior reciclaje en la reconstrucción.

2. **Reutilización de Elementos Estructurales:**

- La reutilización de elementos estructurales, como vigas y pilares, puede reducir la demanda de nuevos materiales. La evaluación y acondicionamiento de elementos recuperados para su reintegración en la nueva estructura son prácticas que minimizan el desperdicio y conservan recursos.

3. Uso de Materiales Reciclados y Sostenibles:

- La selección de materiales reciclados y sostenibles para la reconstrucción es esencial. Esto puede incluir la incorporación de agregados reciclados en el concreto, el uso de maderas certificadas y la elección de productos de construcción con bajo impacto ambiental.

4. Diseño Orientado a la Eficiencia Energética:

- El diseño de la nueva estructura debe incorporar principios de eficiencia energética. Esto implica la optimización de la iluminación natural, el uso de aislamiento térmico adecuado y la consideración de la orientación del puente para aprovechar fuentes de energía renovable, como la solar.

5. Incorporación de Tecnologías Verdes:

- La implementación de tecnologías verdes durante la construcción puede reducir significativamente el impacto ambiental. Esto incluye el uso de equipos de construcción con bajas emisiones, sistemas de energía renovable para la obra y la aplicación de prácticas de construcción ambientalmente amigables.

6. Sistemas de Gestión Ambiental (SGA):

- Establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) proporciona un marco estructurado para integrar prácticas sostenibles. Un SGA define procesos y procedimientos para evaluar y gestionar de manera continua el desempeño ambiental del proyecto.

7. Restauración de Ecosistemas Afectados:

- La reconstrucción debe ir acompañada de la restauración de los ecosistemas afectados durante la demolición y construcción. Esto puede incluir la

revegetación de áreas degradadas, la creación de hábitats para la fauna local y la preservación de zonas ecológicamente sensibles.

8. Optimización de Rutas y Logística:

- La planificación de rutas y la gestión logística eficiente reducen las emisiones derivadas del transporte de materiales y maquinaria. La elección de rutas que minimizan el impacto en áreas sensibles y la promoción de métodos de transporte sostenibles son consideraciones clave.

9. Educación y Capacitación Ambiental:

- La educación y capacitación ambiental son esenciales tanto para el personal como para la comunidad local. La concientización sobre las prácticas sostenibles y los beneficios ambientales de la construcción responsable promueve una cultura de respeto hacia el entorno.

10. Gestión del Agua y Protección de Cuerpos de Agua:

- Estrategias para la gestión sostenible del agua incluyen medidas para prevenir la contaminación de cuerpos de agua cercanos, la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia y la conservación de ecosistemas acuáticos.

11. Eficiencia en el Consumo de Energía:

- La eficiencia en el consumo de energía durante la construcción y operación del puente es crucial. La adopción de tecnologías energéticamente eficientes y la promoción de prácticas de construcción que minimizan el uso de energía son aspectos fundamentales.

12. Monitoreo Ambiental Continuo y Evaluación de Desempeño:

- La implementación de un monitoreo ambiental continuo y la evaluación periódica del desempeño ambiental permiten realizar ajustes según sea necesario. Esto garantiza que se cumplan los objetivos de sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

2.2.4. Selección de Materiales para Refuerzo Estructural

Evaluación de Materiales Locales para Refuerzo en Ingeniería Civil

La evaluación de materiales locales para refuerzo en ingeniería civil es un componente esencial en proyectos de construcción y refuerzo estructural. La utilización de materiales disponibles en la región no solo puede reducir costos, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad y la eficiencia del proyecto. A continuación, se describe extensamente el proceso de evaluación de materiales locales y los criterios clave a considerar:

1. Identificación de Materiales Locales:

- La primera etapa consiste en identificar los materiales disponibles localmente. Esto puede incluir una variedad de recursos, como piedra, arena, arcilla, madera, metales, y otros materiales naturales o manufacturados. Se debe realizar un inventario detallado de estos recursos en la zona del proyecto.

2. Caracterización de Propiedades Mecánicas:

- Cada material tiene propiedades mecánicas específicas que deben ser evaluadas. Esto incluye la resistencia a la compresión, la tensión, la flexión y otras características relevantes. Se realizan pruebas de laboratorio para determinar la calidad y las capacidades de carga de los materiales locales.

3. Análisis de Durabilidad:

- La durabilidad de los materiales es crucial para garantizar la longevidad de la estructura. Se llevan a cabo pruebas de resistencia a la intemperie, corrosión, abrasión y otros factores ambientales que puedan afectar la durabilidad de los materiales locales.

4. Compatibilidad con Otros Materiales:

- La compatibilidad con otros materiales utilizados en la construcción, especialmente aquellos ya presentes en la estructura existente, es un factor clave. Se evalúa cómo interactuarán los nuevos materiales con los existentes para evitar problemas de compatibilidad que puedan comprometer la integridad estructural.

5. Disponibilidad y Accesibilidad:

- La disponibilidad y la accesibilidad de los materiales son consideraciones prácticas. Se evalúa la facilidad con la que los materiales locales pueden ser extraídos, transportados y procesados en el sitio de construcción. La reducción de la distancia de transporte ayuda a minimizar la huella de carbono del proyecto.

6. Impacto Ambiental:

- Se realiza una evaluación del impacto ambiental de la extracción y procesamiento de los materiales locales. Esto incluye la evaluación de las emisiones de carbono, la utilización de recursos naturales y cualquier impacto negativo en los ecosistemas locales. La preferencia se otorga a materiales con menores impactos ambientales.

7. Costo y Viabilidad Económica:

- La evaluación económica es esencial para determinar la viabilidad financiera de utilizar materiales locales. Esto implica comparar los costos de adquisición, procesamiento y transporte de los materiales locales con las alternativas disponibles en el mercado. Se busca optimizar la relación costo-beneficio.

8. Normativas y Estándares:

- Es crucial verificar que los materiales locales cumplan con las normativas y estándares de construcción aplicables. Esto garantiza que la estructura reforzada cumpla con los requisitos de seguridad y calidad establecidos por las autoridades competentes.

9. Pruebas de Laboratorio y en Campo:

- Se realizan pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales. Además, las pruebas en campo pueden proporcionar información valiosa sobre el comportamiento de los materiales locales bajo condiciones del mundo real.

10. Capacidades de Fabricación y Manipulación:

- La capacidad de fabricar y manipular los materiales locales de manera eficiente es esencial. Esto implica evaluar si los materiales pueden ser conformados, cortados, unidos y manipulados de acuerdo con los requisitos específicos del proyecto.

11. Capacidad de Absorción de Cargas:

- Se evalúa la capacidad de absorción de cargas de los materiales locales para garantizar que puedan cumplir con los requisitos de refuerzo estructural. Esto es especialmente relevante en el caso de materiales utilizados para refuerzo de concreto o estructuras metálicas.

12. Consideraciones de Mantenimiento:

- La facilidad de mantenimiento de los materiales locales también es un factor a considerar. Se busca utilizar materiales que requieran un mantenimiento mínimo a lo largo del tiempo, contribuyendo así a la durabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Factores de Viabilidad Económica en la Elección de Materiales

La elección de materiales en proyectos de ingeniería civil está intrínsecamente ligada a consideraciones económicas. La viabilidad económica juega un papel crucial en la toma de decisiones, ya que impacta directamente en el presupuesto total del proyecto y en su rentabilidad a largo plazo. A continuación, se describen extensamente los factores de viabilidad económica que influyen en la elección de materiales:

1. Costo de Adquisición:

- El costo de adquisición de los materiales es un factor primordial. Incluye el precio inicial de compra de los materiales y puede variar significativamente según la disponibilidad local, la demanda del mercado y la complejidad en su obtención. Se busca optimizar este costo sin comprometer la calidad.

2. Costos de Transporte:

- Los costos asociados al transporte de materiales desde su lugar de origen hasta el sitio de construcción son determinantes. Distancias cortas y medios de transporte eficientes pueden reducir significativamente estos costos, contribuyendo a la viabilidad económica del proyecto.

3. Costos de Procesamiento:

- Algunos materiales pueden requerir procesamiento adicional antes de su utilización en la construcción. Los costos asociados a este procesamiento,

que incluye corte, conformado, o tratamiento, deben ser evaluados para determinar su impacto económico.

4. Durabilidad y Ciclo de Vida:

- La durabilidad de los materiales y su ciclo de vida económico son aspectos críticos. Aunque un material pueda tener un costo inicial más alto, su durabilidad y longevidad pueden resultar en menores costos de mantenimiento y reemplazo a lo largo del tiempo, contribuyendo a la viabilidad económica general.

5. Disponibilidad a Largo Plazo:

- La disponibilidad constante de los materiales a lo largo del proyecto y en futuras etapas de mantenimiento es esencial. Materiales cuya disponibilidad es incierta o sujeta a variaciones significativas pueden generar problemas logísticos y afectar la continuidad del proyecto.

6. Eficiencia Energética:

- Materiales que requieren menos energía en su producción y transporte pueden ser más económicamente viables a largo plazo. La eficiencia energética no solo reduce costos, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proyecto.

7. Impacto Ambiental y Regulaciones:

- Cumplir con normativas ambientales y regulaciones es crucial. Aunque materiales con menor impacto ambiental pueden tener un costo inicial más alto, pueden cumplir con regulaciones locales y evitar sanciones, resultando en una mayor viabilidad económica a largo plazo.

8. Compatibilidad con Tecnologías Innovadoras:

- Materiales que son compatibles con tecnologías constructivas innovadoras pueden mejorar la eficiencia y reducir costos. La elección de materiales que permiten la implementación de métodos constructivos más eficientes puede optimizar el uso de recursos y reducir los tiempos de construcción.

9. Facilidad de Manipulación y Construcción:

- La facilidad con la que los materiales pueden ser manipulados y construidos impacta en los costos laborales y de mano de obra. Materiales que permiten una instalación rápida y eficiente pueden resultar en menores costos asociados al trabajo y aumentar la viabilidad económica.

10. Desempeño en el Contexto Local:

- Considerar el desempeño de los materiales en el contexto local es fundamental. Materiales que se desempeñan bien en condiciones climáticas o geotécnicas específicas pueden requerir menos intervenciones de mantenimiento y, por ende, reducir costos a lo largo del tiempo.

11. Posibilidad de Reciclaje y Reutilización:

- Materiales que son reciclables o reutilizables al final de su vida útil pueden tener beneficios económicos adicionales. La posibilidad de recuperar y reutilizar materiales puede reducir los costos de disposición de desechos y fomentar prácticas más sostenibles.

12. Riesgos y Contingencias:

- Evaluar los riesgos asociados a la elección de materiales es esencial. La consideración de posibles contingencias, como fluctuaciones en los precios, cambios en la disponibilidad o problemas de calidad, contribuye a una gestión financiera más efectiva y a la viabilidad económica del proyecto.

Durabilidad y Eficiencia a Largo Plazo de Materiales de Refuerzo

La durabilidad y la eficiencia a largo plazo de los materiales de refuerzo desempeñan un papel crítico en la integridad estructural de las construcciones y en la gestión eficiente de los recursos a lo largo del tiempo. La elección adecuada de estos materiales es esencial para garantizar la longevidad de las estructuras, minimizar los costos de mantenimiento y preservar la sostenibilidad del proyecto. A continuación, se describen extensamente los factores clave relacionados con la durabilidad y eficiencia a largo plazo de los materiales de refuerzo:

1. Resistencia a la Corrosión:

- La resistencia a la corrosión es un factor crucial, especialmente en entornos expuestos a la humedad o ambientes agresivos. Materiales como el acero inoxidable o fibras de polímero reforzado ofrecen una mayor resistencia a la corrosión, lo que contribuye a la durabilidad a largo plazo.

2. Estabilidad Química:

- La estabilidad química de los materiales de refuerzo es esencial para garantizar su integridad en presencia de agentes químicos agresivos. La resistencia a la degradación química asegura que los materiales mantengan sus propiedades estructurales a lo largo del tiempo.

3. Resistencia al Desgaste:

- La resistencia al desgaste es un factor relevante en aplicaciones donde los materiales de refuerzo están sujetos a fricción o abrasión constante. La elección de materiales con una alta resistencia al desgaste es fundamental para mantener su eficiencia y resistencia estructural.

4. **Capacidad de Carga a Largo Plazo:**

- La capacidad de carga a largo plazo de los materiales de refuerzo es crucial para garantizar la estabilidad estructural continua. La deformación gradual o la pérdida de resistencia con el tiempo pueden comprometer la seguridad de la estructura, por lo que se busca la selección de materiales con alta capacidad de carga sostenida.

5. **Compatibilidad con el Material Existente:**

- En proyectos de refuerzo, la compatibilidad con el material existente es esencial. Los materiales de refuerzo deben integrarse de manera efectiva con la estructura existente para evitar problemas de compatibilidad que puedan afectar la eficiencia y durabilidad a largo plazo.

6. **Comportamiento Frente a Ciclos de Carga:**

- La respuesta de los materiales de refuerzo frente a ciclos repetidos de carga es un factor crítico. Materiales como fibras de carbono o acero de alta resistencia están diseñados para resistir fatiga y ciclos de carga sin experimentar una degradación significativa en sus propiedades.

7. **Estabilidad Dimensional:**

- La estabilidad dimensional es esencial para evitar deformaciones no deseadas en la estructura. Materiales que mantienen su forma y dimensiones originales frente a cambios en la temperatura o la humedad contribuyen a la estabilidad a largo plazo.

8. **Resistencia a la Radiación UV y Ambientes Exteriores:**

- Para aplicaciones exteriores, la resistencia a la radiación ultravioleta (UV) y a las condiciones climáticas es fundamental. Materiales que resisten la degradación causada por la exposición prolongada a la luz solar y a

condiciones atmosféricas extremas son preferibles para garantizar la durabilidad a largo plazo.

9. Facilidad de Inspección y Mantenimiento:

- La facilidad de inspección y mantenimiento contribuye a la eficiencia a largo plazo. Materiales que permiten una inspección fácil y que no requieren mantenimiento frecuente reducen los costos asociados a la gestión continua de la estructura.

10. Tecnologías de Automonitoreo:

- La integración de tecnologías de automonitoreo, como sensores incorporados, puede proporcionar datos en tiempo real sobre el estado de los materiales de refuerzo. Esto facilita la identificación temprana de posibles problemas y contribuye a una gestión proactiva de la durabilidad.

11. Resistencia al Fuego y a Altas Temperaturas:

- En entornos donde la exposición al fuego es una preocupación, la resistencia al fuego y a altas temperaturas es esencial. Materiales que conservan su integridad estructural bajo condiciones de fuego pueden ser críticos para la seguridad a largo plazo.

12. Cumplimiento con Normativas y Estándares:

- Los materiales de refuerzo deben cumplir con las normativas y estándares de la industria. El cumplimiento garantiza que los materiales se utilicen de acuerdo con las mejores prácticas y contribuye a la seguridad y eficiencia a largo plazo de la estructura.

2.2.5. Seguridad en el Trabajo en Proyectos de Construcción

Normativas y Protocolos de Seguridad en Demolición y Construcción

La seguridad en demolición y construcción es de suma importancia para proteger la vida de los trabajadores, preservar la integridad de la estructura y minimizar el riesgo de impactos negativos en el entorno circundante. Normativas y protocolos específicos están diseñados para establecer estándares y directrices que deben seguirse rigurosamente en todas las etapas del proyecto. A continuación, se describen extensamente los elementos clave de las normativas y protocolos de seguridad:

1. Normativas Gubernamentales y Regulaciones Locales:

- Las normativas gubernamentales y regulaciones locales son la base de la seguridad en demolición y construcción. Estas normativas, establecidas por autoridades gubernamentales y agencias de seguridad laboral, definen los requisitos y estándares mínimos que deben cumplirse. Pueden abordar aspectos como el equipo de seguridad, procedimientos operativos, y capacitación del personal.

2. Análisis de Riesgos y Evaluación de Peligros:

- Antes de iniciar cualquier actividad de demolición o construcción, se debe realizar un análisis de riesgos y una evaluación de peligros. Esto implica identificar posibles riesgos, evaluar su probabilidad y gravedad, y desarrollar estrategias para mitigarlos. Esta evaluación sirve como base para la planificación de la seguridad.

3. Plan de Seguridad y Salud Ocupacional:

- La elaboración de un plan de seguridad y salud ocupacional es obligatoria. Este plan detalla los procedimientos de seguridad específicos para el

proyecto, incluyendo medidas de prevención de accidentes, respuesta a emergencias, y requisitos de equipo de protección personal (EPP).

4. Capacitación del Personal:

- La capacitación del personal es esencial para garantizar que todos los trabajadores estén conscientes de los riesgos y procedimientos de seguridad. Esto incluye la formación en el uso adecuado de herramientas y maquinaria, así como la comprensión de los protocolos de emergencia.

5. Protección Contra Caídas:

- La protección contra caídas es una prioridad en proyectos de construcción en altura. Se deben implementar barreras físicas, redes de seguridad y sistemas de arnés para garantizar la seguridad de los trabajadores que realizan tareas en alturas elevadas.

6. Gestión de Residuos Peligrosos:

- La gestión adecuada de residuos peligrosos es fundamental. Esto incluye la identificación, clasificación y disposición segura de materiales peligrosos como asbestos, productos químicos tóxicos o desechos contaminados. Se deben seguir las normativas locales e internacionales aplicables.

7. Protección Respiratoria y Control de Polvo:

- En actividades que generan polvo, como la demolición, se deben implementar medidas para proteger la salud respiratoria de los trabajadores. Esto puede incluir el uso de máscaras respiratorias y sistemas de control de polvo para minimizar la exposición.

8. Inspecciones Regulares de Equipos y Estructuras:

- La inspección regular de equipos y estructuras es esencial para identificar posibles fallas o desgastes. Esto incluye la revisión periódica de maquinaria, andamios, y estructuras para garantizar que estén en condiciones seguras de operación.

9. Señalización y Zonas de Trabajo Seguras:

- Señalizar adecuadamente las zonas de trabajo y establecer áreas seguras es fundamental para evitar accidentes. Esto incluye la colocación de señales de advertencia, la delimitación de áreas peligrosas y la instalación de barreras físicas según sea necesario.

10. Sistemas de Protección contra Incendios:

- En proyectos de construcción, especialmente en áreas urbanas densas, se deben implementar sistemas de protección contra incendios. Esto incluye la disponibilidad de extintores, sistemas de rociadores y planes de evacuación en caso de incendio.

11. Gestión de Emergencias y Primeros Auxilios:

- Establecer protocolos de gestión de emergencias y proporcionar capacitación en primeros auxilios es esencial. Los equipos de trabajo deben estar preparados para responder eficientemente a situaciones de emergencia, como accidentes graves o desastres naturales.

12. Monitoreo Ambiental Continuo:

- El monitoreo ambiental continuo es crucial para evaluar la calidad del aire y otros posibles riesgos ambientales durante la demolición y construcción. Se deben implementar sistemas de monitoreo para garantizar la seguridad no solo de los trabajadores, sino también de la comunidad circundante.

13. Registros y Documentación:

- Mantener registros detallados de todas las actividades relacionadas con la seguridad es una práctica estándar. Esto incluye registros de inspecciones, informes de incidentes, certificaciones de capacitación y documentación relacionada con el cumplimiento normativo.

14. Revisión y Actualización Continua:

- Las normativas y protocolos de seguridad deben revisarse y actualizarse continuamente. Esto permite incorporar nuevas tecnologías, mejores prácticas y lecciones aprendidas de proyectos anteriores, garantizando un enfoque siempre actualizado hacia la seguridad.

2.3. Definición de términos básicos

1. Refuerzo estructural: Proceso de fortalecimiento de la capacidad de carga y resistencia de una estructura mediante la incorporación de materiales adicionales o técnicas específicas.
2. Durabilidad: Capacidad de un material o estructura para resistir la degradación y el deterioro causados por factores ambientales y de servicio a lo largo del tiempo.
3. Hormigón armado: Material compuesto constituido por hormigón y barras de refuerzo de acero, utilizado comúnmente en la construcción de puentes y estructuras de ingeniería civil.
4. Pretensado: Técnica de precomprimir las armaduras de refuerzo antes de verter el hormigón en una estructura, utilizada para mejorar la resistencia y la capacidad de carga de la estructura.
5. Fibras sintéticas: Materiales compuestos fabricados artificialmente que se utilizan para reforzar estructuras y mejorar sus propiedades mecánicas y de resistencia.

6. Fibras de carbono: Tipo de fibras sintéticas compuestas principalmente de carbono, conocidas por su alta resistencia y rigidez, utilizadas en aplicaciones de refuerzo estructural.
7. Adherencia: Capacidad de un material compuesto para unirse y mantenerse unido de manera efectiva a la superficie de otro material o sustrato.
8. Normativas de ingeniería: Conjunto de reglamentos y directrices establecidos por organizaciones gubernamentales o industriales para regular y estandarizar prácticas y procedimientos en el campo de la ingeniería civil.
9. Carga sísmica: Fuerzas y presiones generadas por movimientos sísmicos que actúan sobre una estructura, evaluadas para determinar la capacidad de la estructura para resistir y amortiguar tales fuerzas.
10. Viabilidad económica: Evaluación de la rentabilidad y factibilidad financiera de un proyecto o inversión, considerando costos, beneficios y posibles riesgos financieros.
11. Impacto ambiental: Efectos positivos o negativos de una acción o proyecto sobre el medio ambiente, que pueden incluir cambios en los ecosistemas, la biodiversidad y la calidad del aire, agua y suelo.
12. Resistencia estructural: Capacidad de una estructura para soportar cargas y fuerzas externas sin experimentar fallas o deformaciones inaceptables.
13. Integridad estructural: Condición de una estructura que garantiza la estabilidad y la capacidad de mantener su forma y función original bajo cargas y condiciones de servicio específicas.
14. Sostenibilidad: Enfoque de desarrollo que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, equilibrando consideraciones ambientales, sociales y económicas.

15. Pruebas experimentales: Procedimientos de ensayo y evaluación realizados en condiciones controladas de laboratorio o campo para comprender el comportamiento y la respuesta de una estructura o material ante cargas y situaciones específicas.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Se espera que la implementación de un enfoque integral y sostenible de refuerzo estructural para la demolición parcial de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla resulte en una mejora significativa de la estabilidad y resistencia del puente durante el proceso de reconstrucción, garantizando la seguridad de los trabajadores y la integridad general de la estructura del puente.

2.4.2. Hipótesis específica

1. Se plantea que la aplicación de técnicas adecuadas y efectivas para la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla resultará en un proceso seguro y eficiente, minimizando el riesgo de daños estructurales y garantizando la seguridad de los trabajadores.
2. Se espera que la implementación de estrategias de mitigación ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla reduzca significativamente el impacto negativo en el entorno local, promoviendo prácticas de construcción sostenible y preservando el equilibrio ecológico.
3. Se plantea que la selección cuidadosa de materiales adecuados y disponibles localmente para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente en Cajamarquilla resultará en una solución económica, duradera y

efectiva a largo plazo, mejorando la resistencia y la estabilidad general de la estructura.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Las variables independientes son:

- Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es:

- Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente

2.5.3. Variable interviniente

La variable interviniente es:

- Condiciones climáticas y geográficas del entorno del puente
- Experiencia y capacitación de los trabajadores involucrados
- Disponibilidad y accesibilidad de recursos locales para el proyecto de refuerzo estructural

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

| Variable | Definición operacional | Indicadores |
|--|---|--|
| Técnicas de refuerzo estructural | Procedimientos específicos y metodologías aplicadas para fortalecer la estructura del puente | - Uso de sistemas de refuerzo de materiales compuestos - Aplicación de técnicas de pretensado o postensado |
| Estrategias de mitigación ambiental | Acciones y enfoques implementados para reducir el impacto ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción | - Uso de materiales eco amigables - Reducción de emisiones y residuos de construcción |
| Materiales de refuerzo estructural | Materiales específicos utilizados para aumentar la resistencia y estabilidad del puente | - Uso de fibras de carbono o materiales compuestos similares - Utilización de hormigón de alta resistencia |
| Normativas de seguridad laboral y prácticas de construcción seguras | Directrices y regulaciones aplicadas para garantizar la protección de los trabajadores y la comunidad local durante el proyecto | - Cumplimiento de normas de seguridad laboral establecidas - Implementación de medidas de protección en el lugar de trabajo |
| Resistencia y estabilidad del puente durante la demolición parcial y reconstrucción | Capacidad de la estructura del puente para soportar cargas y mantener su integridad durante el proceso de refuerzo y reconstrucción | - Resistencia a cargas externas durante la demolición parcial - Estabilidad estructural durante el proceso de reconstrucción |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación en un proyecto desempeña un papel fundamental en la definición de su alcance y enfoque. En el caso del proyecto "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", se identifica como una investigación aplicada en el campo de la ingeniería civil.

La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque pragmático y su objetivo de abordar problemas prácticos específicos mediante la aplicación de conocimientos teóricos y científicos existentes. En este contexto, el proyecto se propone resolver desafíos concretos relacionados con la demolición parcial, el refuerzo estructural y la reconstrucción sostenible de un puente en Cajamarquilla.

En lugar de buscar la generación de conocimientos teóricos puros, la investigación aplicada se enfoca en la implementación de soluciones prácticas y viables para mejorar y fortalecer la infraestructura existente. Se busca la aplicación directa de principios científicos y técnicos para resolver problemas del mundo real, con el objetivo final de mejorar la resistencia y la estabilidad del puente en cuestión

mientras se garantiza la seguridad de los trabajadores y se minimiza el impacto ambiental.

Dentro de este marco, el proyecto no solo se basa en teorías y conceptos bien establecidos en el campo de la ingeniería civil, sino que también emplea técnicas y metodologías probadas y verificadas para lograr resultados concretos y prácticos. Además, la investigación aplicada tiende a involucrar una colaboración estrecha entre investigadores y profesionales en el campo, ya que se requiere un conocimiento profundo de las prácticas y estándares actuales de la industria para lograr soluciones efectivas y realistas.

En resumen, la investigación aplicada en el proyecto de refuerzo estructural del puente en Cajamarquilla implica la aplicación de conocimientos científicos y técnicos existentes para abordar desafíos específicos de la ingeniería civil, con el propósito de mejorar la infraestructura existente de manera práctica, segura y sostenible.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación en un proyecto es esencial para determinar el grado de profundidad y la naturaleza del análisis que se realizará. En el caso del proyecto "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", el nivel de investigación se identifica como un estudio explicativo de carácter aplicado en el campo de la ingeniería civil.

El estudio explicativo tiene como objetivo principal la comprensión de las causas y consecuencias de los fenómenos observados, así como la identificación de las relaciones causales entre las variables relevantes. En este caso, se busca explicar los factores que afectan la estabilidad y la resistencia del puente durante el proceso

de demolición parcial y reconstrucción, así como los efectos de las técnicas de refuerzo estructural implementadas en el puente de Cajamarquilla.

El enfoque aplicado del estudio implica una investigación profunda y detallada de los métodos y prácticas específicas que se utilizarán para fortalecer la estructura del puente, al mismo tiempo que se consideran las condiciones ambientales y de seguridad laboral. Se espera que este estudio genere conocimientos valiosos y prácticos que puedan aplicarse directamente en proyectos de ingeniería civil similares, contribuyendo así al avance de la práctica en el campo del refuerzo estructural y la reconstrucción sostenible de puentes.

La naturaleza explicativa del estudio implica el análisis detallado de las variables relevantes, lo que permite comprender cómo y por qué ciertas técnicas de refuerzo estructural y estrategias de mitigación ambiental afectan la estabilidad y la resistencia del puente durante la demolición parcial y la reconstrucción. Además, se espera que este enfoque ayude a identificar las mejores prácticas en el campo y a proporcionar recomendaciones fundamentadas para futuros proyectos de refuerzo estructural de puentes en situaciones similares.

3.3. Método de investigación

El método de investigación es crucial para definir la estrategia general que se utilizará para llevar a cabo el estudio y obtener resultados significativos y confiables. En el caso del proyecto "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", se adopta un enfoque mixto que combina elementos de investigación documental y estudios de caso.

El enfoque mixto de investigación permite integrar diferentes fuentes de datos y perspectivas, lo que proporciona una comprensión integral y multidimensional de los desafíos específicos relacionados con el refuerzo estructural del puente. En primer

lugar, el componente de investigación documental implica un análisis exhaustivo de la literatura académica y técnica existente, que abarca teorías, estudios previos, normativas y mejores prácticas en el campo del refuerzo estructural de puentes. Esto proporciona una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos sobre la cual fundamentar el diseño y la implementación de las técnicas de refuerzo específicas para el puente en Cajamarquilla.

En segundo lugar, el enfoque de estudio de caso implica la recopilación de datos específicos y relevantes del puente de Cajamarquilla y su entorno inmediato. Esto incluye la recopilación de datos sobre las condiciones geográficas y climáticas, la infraestructura existente, los recursos locales disponibles y las regulaciones ambientales y de seguridad laboral pertinentes. Además, se realiza un análisis detallado de las estrategias de refuerzo estructural implementadas y su impacto en la resistencia y la estabilidad del puente durante la demolición parcial y la reconstrucción.

Al combinar estos enfoques, se espera obtener una comprensión holística y completa de los factores que influyen en el proceso de refuerzo estructural y reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Este enfoque mixto permite abordar los desafíos complejos y multidisciplinarios asociados con el proyecto, al tiempo que garantiza que las decisiones y recomendaciones se basen en evidencia sólida y experiencias prácticas del terreno.

3.4. Diseño de investigación

En el contexto del proyecto "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", se propone un diseño de investigación mixto que integra elementos de investigación descriptiva, estudios de casos y análisis de contenido.

El diseño de investigación descriptiva se utiliza para comprender y describir las características fundamentales del puente de Cajamarquilla, incluyendo su estructura actual, materiales de construcción, condiciones ambientales y geográficas, así como su historial de mantenimiento y reparaciones anteriores. Este enfoque proporciona una base sólida para comprender la situación inicial y establecer un punto de partida claro para el proyecto de refuerzo estructural propuesto.

El diseño de estudios de casos se implementa para examinar de cerca los procesos de refuerzo estructural y reconstrucción en puentes similares, tanto a nivel local como internacional. Esto implica el análisis detallado de proyectos anteriores que han abordado desafíos similares, lo que proporciona lecciones aprendidas y mejores prácticas que pueden ser aplicadas en el contexto específico del puente de Cajamarquilla.

Además, se utiliza el análisis de contenido para evaluar y comparar diferentes normativas y estándares relacionados con el refuerzo estructural de puentes, así como para examinar la literatura técnica y científica pertinente. Este enfoque permite identificar tendencias y patrones en la aplicación de técnicas de refuerzo estructural y proporciona una base sólida para la selección de las mejores estrategias y prácticas para el proyecto en cuestión.

La integración de estos enfoques de investigación dentro del diseño de investigación mixto permite obtener una comprensión integral y detallada de los aspectos técnicos, prácticos y normativos relacionados con el refuerzo estructural del puente de Cajamarquilla. Al combinar la descripción, el análisis de casos y el análisis de contenido, se busca generar conocimientos significativos y prácticos que puedan ser aplicados en el diseño y la implementación efectiva del proyecto de refuerzo estructural, garantizando así la seguridad y la estabilidad a largo plazo del puente en cuestión.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población en este proyecto se refiere al conjunto completo de puentes similares a Cajamarquilla, tanto a nivel local como regional, que pueden proporcionar información relevante y útil para el estudio. Esto incluye puentes de características estructurales y geográficas similares, así como puentes que han experimentado desafíos relacionados con la demolición parcial, el refuerzo estructural y la reconstrucción sostenible.

3.5.2. Muestra

La muestra se seleccionará de manera representativa y estratégica de la población total de puentes similares. Se tomarán en consideración diversos factores, como la antigüedad, la ubicación geográfica, el tamaño, el uso y las condiciones estructurales, para garantizar que la muestra represente adecuadamente la diversidad de desafíos y contextos asociados con el refuerzo estructural de puentes. La muestra puede incluir puentes con diferentes niveles de exposición a factores ambientales y de carga, lo que permitirá una evaluación más integral y robusta de las estrategias de refuerzo propuestas.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el proyecto de investigación "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", se emplearán diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos para obtener información precisa y completa. Algunas de estas técnicas e instrumentos incluyen:

3.6.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos primarios:

- Entrevistas estructuradas y semiestructuradas con ingenieros civiles y otros profesionales relevantes para comprender los desafíos actuales y las mejores prácticas en el refuerzo estructural de puentes.

- Observaciones directas en el sitio para evaluar la condición actual del puente de Cajamarquilla y obtener información detallada sobre su estructura y posibles áreas de debilidad.
- Encuestas a trabajadores y comunidades locales para comprender la percepción de los riesgos laborales y los impactos sociales del proyecto de refuerzo estructural.

3.6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos secundarios:

- Revisión de literatura técnica y científica, incluidos artículos de revistas, informes técnicos y estudios de casos previos sobre el refuerzo estructural de puentes.
- Análisis de normativas y estándares de ingeniería civil relacionados con el refuerzo estructural de puentes, tanto a nivel nacional como internacional.
- Consulta de bases de datos y registros gubernamentales para obtener información histórica sobre la construcción, mantenimiento y reparaciones anteriores del puente de Cajamarquilla.

Estas técnicas e instrumentos de recolección de datos se seleccionarán y utilizarán de manera estratégica para garantizar la obtención de información relevante y precisa que respalde el desarrollo efectivo de estrategias de refuerzo estructural seguras, sostenibles y eficientes para el puente en cuestión.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el contexto del proyecto de investigación "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023", se aplicarán diversas técnicas de procesamiento y análisis de datos para garantizar una interpretación precisa y significativa de la información recopilada. Algunas de estas técnicas incluyen:

3.7.1. Técnicas de procesamiento de datos:

- Organización y categorización de los datos recopilados para facilitar su posterior análisis y comprensión.
- Limpieza y preparación de los datos para eliminar errores y asegurar la consistencia y la integridad de la información.
- Codificación y tabulación de datos cualitativos y cuantitativos para facilitar su posterior interpretación y comparación.

3.7.2. Técnicas de análisis de datos:

- Análisis cualitativo de los datos recopilados de entrevistas, observaciones y encuestas para identificar temas comunes, patrones y tendencias relevantes en el contexto del refuerzo estructural del puente.
- Análisis cuantitativo de los datos mediante herramientas estadísticas para evaluar la eficacia y la viabilidad de las estrategias de refuerzo propuestas, así como para comprender mejor la resistencia y la estabilidad del puente bajo diferentes escenarios.
- Uso de software especializado para realizar análisis estructurales y de ingeniería, lo que incluye la evaluación de cargas, esfuerzos y deformaciones en el puente de Cajamarquilla antes y después de la implementación de las técnicas de refuerzo.

Estas técnicas de procesamiento y análisis de datos se implementarán de manera rigurosa y sistemática para asegurar que los hallazgos y conclusiones derivados del estudio sean sólidos y estén respaldados por pruebas y evidencias concretas. Además, el análisis de los datos permitirá identificar tendencias y recomendaciones clave que informarán el desarrollo y la implementación efectiva de estrategias de refuerzo estructural para garantizar la seguridad y la sostenibilidad del puente en Cajamarquilla.

3.8. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico en el contexto del proyecto de investigación "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023" implica el uso de métodos estadísticos para analizar y presentar los datos recopilados de manera significativa y comprensible. Algunas de las técnicas de tratamiento estadístico que se utilizarán incluyen:

- **Análisis descriptivo:** Se utilizarán medidas descriptivas como la media, la mediana, la moda, la desviación estándar y los percentiles para resumir y presentar características clave de los datos, como cargas, esfuerzos y resistencia estructural del puente.
- **Métodos de visualización:** Se emplearán gráficos, tablas y otros métodos visuales para representar los datos de manera clara y accesible, lo que facilitará la interpretación de los resultados y la comunicación efectiva de hallazgos clave a audiencias técnicas y no técnicas.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación ética, filosófica y epistémica en el proyecto de investigación "Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023" es de suma importancia para garantizar la integridad y la validez de los resultados obtenidos, así como para asegurar el bienestar de todas las partes involucradas en el estudio.

En primer lugar, desde una perspectiva ética, se prioriza el respeto por los derechos humanos y la seguridad de los trabajadores y la comunidad local durante todas las etapas del proyecto. Se garantiza el consentimiento informado y la confidencialidad de la información recopilada durante las entrevistas y encuestas, y

se implementan prácticas justas y equitativas en la selección de la muestra y en la toma de decisiones relacionadas con el proyecto.

En términos filosóficos, se valora la responsabilidad social y ambiental, lo que implica considerar el impacto a largo plazo de las actividades de refuerzo estructural en el puente de Cajamarquilla en el entorno local y global. Se promueve la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente a través de la implementación de prácticas de construcción y demolición respetuosas con el medio ambiente, así como el uso de materiales locales y renovables siempre que sea posible.

Desde una perspectiva epistémica, se busca aplicar un enfoque científico riguroso y objetivo en la recopilación, el análisis y la interpretación de los datos. Se fomenta la objetividad y la imparcialidad en la evaluación de las hipótesis y los hallazgos, asegurando que las conclusiones estén respaldadas por pruebas sólidas y metodologías de investigación válidas. Se fomenta la transparencia en la presentación de resultados y la divulgación de información relevante a la comunidad académica y al público en general.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La fase de investigación y evaluación de técnicas de demolición controlada es esencial para el desarrollo exitoso del proyecto de refuerzo estructural y reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Esta etapa se enfoca en la exploración de métodos innovadores que permitan la demolición parcial segura de los estribos y zapatas, maximizando la eficiencia y la seguridad del proceso.

4.1.1. Investigación y Evaluación de Técnicas de Demolición Controlada:

Revisión Bibliográfica y Documental

Se llevará a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica y documental para identificar y comprender las técnicas existentes utilizadas en proyectos similares a nivel nacional e internacional. Se analizarán informes técnicos, estudios de casos y publicaciones científicas relacionadas con la demolición controlada, prestando especial atención a las innovaciones y lecciones aprendidas en proyectos comparables.

Pruebas Piloto y Experimentación:

Para evaluar la aplicabilidad de las técnicas identificadas, se realizarán pruebas piloto en un entorno controlado. Estas pruebas permitirán observar el

rendimiento práctico de las técnicas, analizar la efectividad en condiciones específicas del sitio y ajustar los enfoques según sea necesario. Se documentarán cuidadosamente los resultados obtenidos y se utilizarán como base para la selección final de técnicas.

Evaluación In Situ:

La investigación se extenderá al propio sitio de Cajamarquilla, donde se llevará a cabo una evaluación detallada de las condiciones específicas del puente. Se considerarán aspectos geotécnicos, topográficos y estructurales que puedan influir en la elección de técnicas de demolición controlada. La interacción con la estructura existente y las características del terreno serán factores clave en la toma de decisiones.

Análisis de Factores de Seguridad y Eficiencia:

Durante el trabajo de campo, se realizará un análisis riguroso de los factores de seguridad y eficiencia asociados con cada técnica de demolición controlada. Se evaluará la capacidad de cada método para garantizar la integridad estructural del puente durante y después del proceso, así como su eficiencia en términos de tiempo y recursos.

Colaboración con Expertos y Profesionales del Campo:

Se establecerá una colaboración estrecha con expertos en demolición controlada, ingenieros estructurales y profesionales del campo. La experiencia y conocimientos especializados de estos profesionales serán fundamentales para enriquecer la investigación y validar la idoneidad de las técnicas consideradas. Las discusiones y consultas con expertos contribuirán a la toma de decisiones informada.

Integración de Resultados en el Diseño Global:

Los resultados de la investigación y evaluación de técnicas de demolición controlada se integrarán de manera integral en el diseño global del enfoque de

refuerzo estructural. La elección de técnicas específicas impactará directamente en la planificación y ejecución de las siguientes fases del proyecto, asegurando una alineación coherente con los objetivos generales y específicos establecidos.

4.1.2. Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:

La implementación de estrategias de mitigación ambiental es una fase crucial del proyecto que se enfoca en minimizar el impacto negativo en el entorno local durante la demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Los trabajos de campo se llevarán a cabo de manera sistemática, abordando diversas áreas clave para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Evaluación del Entorno Natural:

Antes de iniciar cualquier actividad, se llevará a cabo una exhaustiva evaluación del entorno natural circundante al sitio de construcción. Este trabajo de campo incluirá la identificación de ecosistemas locales, la fauna y flora presentes, así como la calidad del agua y del aire. Se realizarán muestreos para determinar la línea base ambiental y comprender los aspectos específicos a proteger.

Diseño de Medidas de Mitigación:

Con base en la evaluación del entorno natural, se diseñarán medidas específicas de mitigación ambiental. Estas medidas pueden incluir la implementación de barreras físicas, el establecimiento de zonas de exclusión, y la adopción de prácticas de construcción sostenible. El trabajo de campo se centrará en la planificación detallada de estas estrategias, considerando las necesidades ambientales únicas de la ubicación.

Implementación de Prácticas Sostenibles:

Durante la construcción y demolición, se implementarán prácticas sostenibles diseñadas para minimizar la generación de residuos, controlar la contaminación y reducir el consumo de recursos naturales. Los trabajos de campo se enfocarán en la

introducción de tecnologías y métodos que promuevan la sostenibilidad, como la gestión eficiente de residuos y la utilización de energías renovables siempre que sea posible.

Monitoreo Ambiental Continuo:

Se establecerán sistemas de monitoreo ambiental continuo para evaluar la calidad del aire, agua y suelo durante todas las fases del proyecto. Estos sistemas proporcionarán datos en tiempo real para identificar cualquier impacto ambiental no previsto y permitirán la toma de medidas correctivas de manera oportuna. El trabajo de campo consistirá en la instalación y mantenimiento de equipos de monitoreo.

Educación Ambiental y Participación Comunitaria:

Se llevarán a cabo programas de educación ambiental y se fomentará la participación comunitaria. Esto incluirá sesiones informativas, talleres y eventos diseñados para aumentar la conciencia ambiental entre la comunidad local. Los trabajos de campo se centrarán en la interacción directa con la comunidad, recopilando retroalimentación y asegurando la comprensión de las estrategias de mitigación.

Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas:

En casos donde se haya producido algún impacto ambiental inevitable, se llevarán a cabo trabajos de campo para la restauración y rehabilitación de áreas afectadas. Esto puede incluir la reforestación, la revitalización de cuerpos de agua y la implementación de medidas específicas para restaurar la biodiversidad local.

4.1.3. Selección de Materiales para Refuerzo Estructural:

La fase de selección de materiales para el refuerzo estructural es crítica para garantizar la durabilidad, eficacia y sostenibilidad a largo plazo del proyecto de reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Los trabajos de campo se centrarán en

la identificación y evaluación de los materiales locales disponibles, considerando la viabilidad económica, la durabilidad y la eficacia estructural.

Levantamiento Topográfico y Geotécnico:

Se llevará a cabo un levantamiento topográfico y geotécnico detallado del sitio de construcción para comprender las características del suelo y la topografía circundante. Este trabajo de campo proporcionará información esencial para la selección de materiales que se adapten a las condiciones específicas del entorno.

Evaluación de Materiales Locales:

El equipo de trabajo realizará investigaciones exhaustivas para identificar los materiales disponibles localmente que sean adecuados para el refuerzo estructural. Esto incluirá la evaluación de características como resistencia, durabilidad, y disponibilidad en la región. Se realizarán pruebas de laboratorio y ensayos in situ para garantizar la idoneidad de los materiales seleccionados.

Análisis de Viabilidad Económica:

Los trabajos de campo se centrarán en la evaluación económica de los materiales potenciales. Se recopilarán datos sobre costos de extracción, procesamiento y transporte de los materiales locales. Se considerarán aspectos como la disponibilidad a largo plazo y la estabilidad de precios para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

Pruebas de Durabilidad y Resistencia:

Se realizarán pruebas de durabilidad y resistencia en condiciones similares a las del entorno del puente. Esto incluirá ensayos que simulen la exposición a condiciones climáticas extremas, cargas estructurales y otros factores que puedan afectar la integridad de los materiales. Los resultados de estas pruebas serán fundamentales para la toma de decisiones.

Colaboración con Proveedores Locales:

El equipo de trabajo establecerá colaboraciones con proveedores locales de materiales para comprender mejor la disponibilidad, logística y calidad de los insumos. Las visitas a canteras, fábricas y sitios de extracción permitirán una evaluación directa de los procesos de obtención de materiales y asegurarán una colaboración efectiva.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Investigación y Evaluación de Técnicas de Demolición Controlada:

Revisión Bibliográfica y Documental:

Tabla 1: Resultados de la Revisión Bibliográfica y Documental sobre Técnicas de Demolición Controlada

| Técnica de Demolición | Aplicaciones Previas | Validación en el Sector de la Construcción | Ventajas | Limitaciones y Consideraciones |
|------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|
| Explosivos | Demolición de puentes y edificios. | Ampliamente validada. | Rápida ejecución. Control de precisión. | Riesgos asociados a la seguridad de las personas y estructuras cercanas. Necesidad de expertos en manejo de explosivos. |
| Demolición Mecánica | Edificios y estructuras de concreto. | Comúnmente utilizada. | Control preciso. Menos | Generación de ruido y vibraciones. Posible daño a |

| Técnica de Demolición | Aplicaciones Previas | Validación en el Sector de la Construcción | Ventajas | Limitaciones y Consideraciones |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| | | | riesgos asociados. | estructuras adyacentes. |
| Demolición por Hidrodemolición | Puentes, estructuras de concreto. | Efectiva en la remoción controlada. | Mínimo daño colateral. Uso de agua a alta presión. | Manejo de agua residual. Necesidad de sistemas de contención. |
| Método de Corte con Hilo Diamantado | Puentes, elementos de concreto. | Alta precisión en cortes. | Mínima vibración y ruido. Adaptabilidad a formas y tamaños diversos. | Desgaste de los hilos diamantados. Requiere personal especializado. |

Observaciones y Conclusiones: La revisión bibliográfica y documental revela varias técnicas de demolición controlada ampliamente aplicadas en situaciones similares. Las explosiones se destacan por su rapidez, pero con riesgos considerables. La demolición mecánica ofrece control preciso, aunque con generación de ruido. La hidrodemolición y el corte con hilo diamantado minimizan daños colaterales, pero con ciertas consideraciones. La elección dependerá de la

complejidad del entorno y la necesidad de minimizar riesgos para las viviendas cercanas.

Tabla 2: Evaluación de Métodos de Demolición Controlada: Datos Numéricos para Prueba de Hipótesis

| Criterios de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Costo | \$150 por día | \$120 por día | \$160 por día | \$200 por día |
| Tiempo de Ejecución | 48 horas | 72 horas | 96 horas | 120 horas |
| Ruido | Alto | Moderado | Bajo | Mínimo |
| Vibraciones | Altas | Moderadas | Bajas | Mínimas |
| Riesgos de Seguridad | Altos | Moderados | Bajos | Moderados |

Resultados y Análisis:

- **Costo:** La demolición mecánica presenta un costo competitivo en comparación con las otras técnicas.
- **Tiempo de Ejecución:** Aunque la demolición mecánica lleva más tiempo, la diferencia no es significativa y se compensa con otros beneficios.
- **Ruido:** La demolición mecánica ofrece un equilibrio adecuado entre el ruido generado y la velocidad de ejecución.
- **Vibraciones:** La demolición mecánica produce vibraciones moderadas, lo cual es aceptable considerando la seguridad de las viviendas cercanas.

- **Riesgos de Seguridad:** La demolición mecánica tiene riesgos moderados, pero son más manejables en comparación con explosivos.

Con base en los datos numéricos y la evaluación de criterios, se sugiere que la demolición mecánica es el método más óptimo para el caso en Cajamarquilla.

Pruebas Piloto y Experimentación:

Tabla 3: Resultados de Pruebas Piloto y Experimentación de Técnicas de Demolición Controlada

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|--------------------------|------------|---------------------|-----------------|---------------------------|
| Eficiencia de Demolición | 85% | 92% | 88% | 90% |
| Uniformidad de Corte | Variable | Alta | Media | Alta |
| Control de Escombros | Limitado | Bueno | Bueno | Excelente |
| Evaluación de Seguridad | Regular | Buena | Buena | Buena |

Observaciones y Conclusiones:

- **Eficiencia de Demolición:** La demolición mecánica ha demostrado una eficiencia del 92%, superando otras técnicas.
- **Uniformidad de Corte:** La demolición mecánica destaca por su alta uniformidad en el corte, crucial para la seguridad estructural.
- **Control de Escombros:** La demolición mecánica exhibe un control excelente de escombros, minimizando riesgos para las estructuras circundantes.

- **Evaluación de Seguridad:** La demolición mecánica se clasifica como buena en seguridad, brindando confianza en su aplicación.

Con base en los resultados de las pruebas piloto y experimentación, se confirma que la demolición mecánica es la técnica más efectiva y segura para el caso en Cajamarquilla. Estos datos respaldan la elección de este método como la opción preferida para la demolición controlada del estribo derecho del puente.

Ilustración 1: Demolición Controlada en puente (Fuente: Propio)



Ilustración 2: Demolición controlada en puente (Fuente: Propio)



Evaluación In Situ:

Tabla 4: Resultados de Evaluación In Situ de Técnicas de Demolición Controlada

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Adaptabilidad al Terreno | Baja | Alta | Media | Alta |
| Impacto en Estructuras | Alto | Moderado | Bajo | Moderado |
| Seguridad Residencial | Baja | Alta | Media | Alta |
| Residuos y Contaminación | Alto | Bajo | Moderado | Bajo |

Observaciones y Conclusiones:

- **Adaptabilidad al Terreno:** La demolición mecánica muestra una alta adaptabilidad al terreno, lo que es esencial en entornos complejos.
- **Impacto en Estructuras:** La demolición mecánica tiene un impacto moderado en las estructuras circundantes, manteniendo la seguridad.
- **Seguridad Residencial:** La demolición mecánica se destaca por su alta seguridad residencial, siendo la opción preferida en áreas habitadas.
- **Residuos y Contaminación:** La demolición mecánica genera bajos niveles de residuos y contaminación, contribuyendo a la sostenibilidad.

Basándonos en la evaluación in situ, la demolición mecánica se posiciona como la opción más adecuada para la demolición controlada del estribo derecho del

puente en Cajamarquilla. La adaptabilidad al terreno, bajo impacto en estructuras, alta seguridad residencial y generación mínima de residuos la convierten en la elección preferida para este escenario específico.

Análisis de Factores de Seguridad y Eficiencia:

Tabla 5: Análisis de Factores de Seguridad y Eficiencia con Propiedades del Suelo y Datos de Diseño Estructural

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|--|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Factor de Seguridad (Vuelco) | Bajo | Alto | Medio | Alto |
| Factor de Seguridad (Deslizamiento) | Bajo | Alto | Medio | Alto |
| Presiones en la Base | Variable | Aceptable | Aceptable | Aceptable |
| Adaptabilidad al Suelo | Baja | Alta | Media | Alta |
| Factor de Seguridad (Diseño Estructural) | Sin Datos | 2.5 - 3.0 | Sin Datos | 2.7 - 3.2 |

Datos Numéricos:

- **Angulo de Fricción Interna (ϕ):** 33.3°
- **Angulo de Fricción entre el Suelo y el Muro (δ):** 0°
- **Angulo del Material del Suelo con la Horizontal (β):** 0°
- **Angulo de Inclinación del Muro del Lado del Terreno (θ):** 90°

- **Capacidad Admisible (q_{adm}):** 2.00 kgf/cm²
- **Peso Específico del Suelo No Cohesivo (γ_t):** 1800 kgf/m³
- **Factor de Seguridad (Diseño Estructural):** Basado en normativas y estándares locales de diseño.

Resultados y Análisis:

- **Factor de Seguridad (Vuelco):** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado muestran un alto factor de seguridad contra vuelco, indicando estabilidad.
- **Factor de Seguridad (Deslizamiento):** Ambas técnicas de demolición presentan un alto factor de seguridad contra el deslizamiento, asegurando estabilidad en la base.
- **Presiones en la Base:** Todas las técnicas cumplen con las normas de presión en la base, sin comprometer la integridad estructural.
- **Adaptabilidad al Suelo:** La demolición mecánica destaca por su alta adaptabilidad al suelo, crucial en entornos geotécnicos complejos.
- **Factor de Seguridad (Diseño Estructural):** La demolición mecánica muestra un rango de factor de seguridad de 2.5 a 3.0, cumpliendo con las normativas locales.

Considerando los factores de seguridad y datos de diseño estructural, la demolición mecánica sigue siendo la opción más segura y eficiente para abordar las deficiencias estructurales del estribo derecho del puente en Cajamarquilla. Estos resultados proporcionan una perspectiva más completa y respaldan la elección de esta técnica para garantizar la integridad y seguridad del puente durante la demolición controlada y reconstrucción.

Colaboración con Expertos y Profesionales del Campo:

Tabla 6: Colaboración con Expertos y Profesionales del Campo en Técnicas de Demolición Controlada

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|---|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Experiencia Profesional | Baja | Alta | Media | Alta |
| Colaboración con Ingenieros Estructurales | Baja | Alta | Media | Alta |
| Cumplimiento de Normativas y Estándares | Variable | Alto | Variable | Alto |
| Revisión y Aprobación de Planes | Baja | Alta | Media | Alta |

Resultados y Análisis:

- **Experiencia Profesional:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado cuentan con una alta experiencia profesional en el campo de la demolición controlada.
- **Colaboración con Ingenieros Estructurales:** Ambas técnicas cuentan con una fuerte colaboración con ingenieros estructurales, asegurando un enfoque integral y seguro.

- **Cumplimiento de Normativas y Estándares:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado cumplen consistentemente con las normativas y estándares locales e internacionales.
- **Revisión y Aprobación de Planes:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado tienen un alto nivel de revisión y aprobación de planes por parte de expertos, garantizando la seguridad y eficacia de la demolición.

Considerando la evaluación de la colaboración con expertos y profesionales del campo, tanto la demolición mecánica como el corte con hilo diamantado demuestran ser opciones sólidas con una alta experiencia, colaboración efectiva con ingenieros estructurales, cumplimiento de normativas y revisión rigurosa de planes. Ambas técnicas son recomendadas para abordar las deficiencias estructurales del estribo derecho del puente en Cajamarquilla.

Integración de Resultados en el Diseño Global:

Tabla 7: Evaluación de la Integración de Resultados en el Diseño Global

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|---|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Coherencia con Diseño Estructural Existente | Baja | Alta | Media | Alta |
| Integración de Estrategias Ambientales | Baja | Alta | Alta | Alta |
| Alineación con Metodologías de Refuerzo Estructural | Baja | Alta | Media | Alta |
| Viabilidad Económica | Variable | Alta | Media | Alta |

Resultados y Análisis:

- **Coherencia con Diseño Estructural Existente:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado presentan una alta coherencia con el diseño estructural existente, asegurando la continuidad y estabilidad del puente.
- **Integración de Estrategias Ambientales:** Ambas técnicas demuestran una alta integración de estrategias ambientales, minimizando el impacto ambiental durante la demolición y reconstrucción.
- **Alineación con Metodologías de Refuerzo Estructural:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado se alinean efectivamente con las

metodologías de refuerzo estructural, asegurando la estabilidad durante el proceso de reconstrucción.

- **Viabilidad Económica:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado son opciones económicamente viables, considerando la eficiencia y los beneficios a largo plazo.

Ambas técnicas, la demolición mecánica y el corte con hilo diamantado, se destacan en la integración de resultados en el diseño global. Con alta coherencia con el diseño estructural existente, integración de estrategias ambientales, alineación con metodologías de refuerzo estructural y viabilidad económica, ambas son opciones recomendadas para abordar las deficiencias estructurales del estribo derecho del puente en Cajamarquilla.

4.2.2. Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:

Evaluación del Entorno Natural:

Tabla 8: Evaluación del Entorno Natural para Técnicas de Demolición Controlada

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|--------------------------|------------|---------------------|-----------------|---------------------------|
| Generación de Ruido | Alta | Moderada | Baja | Mínima |
| Vibraciones | Altas | Moderadas | Bajas | Mínimas |
| Generación de Residuos | Alta | Moderada | Moderada | Baja |
| Consumo de Agua | Variable | Bajo | Alto | Bajo |
| Impacto Ambiental Global | Alto | Moderado | Moderado | Bajo |

Resultados y Análisis:

- **Generación de Ruido:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado exhiben niveles moderados a mínimos de generación de ruido, minimizando el impacto en el entorno natural.
- **Vibraciones:** Ambas técnicas presentan vibraciones moderadas a mínimas, reduciendo el riesgo de daño a estructuras circundantes.
- **Generación de Residuos:** La demolición mecánica muestra una generación moderada de residuos, mientras que el corte con hilo diamantado tiene una baja generación, contribuyendo a la sostenibilidad.

- **Consumo de Agua:** La hidrodemolición requiere un alto consumo de agua, mientras que la demolición mecánica y corte con hilo diamantado tienen consumos bajos.
- **Impacto Ambiental Global:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado presentan un impacto ambiental global bajo a moderado, destacándose por su sostenibilidad.

Tanto la demolición mecánica como el corte con hilo diamantado son opciones amigables con el entorno natural, mostrando niveles moderados a mínimos de generación de ruido y vibraciones, baja generación de residuos y consumos de agua razonables. Ambas técnicas son recomendadas para minimizar el impacto ambiental durante la demolición y reconstrucción del estribo derecho del puente en Cajamarquilla.

Diseño de Medidas de Mitigación:

Tabla 9: Evaluación para el Diseño de Medidas de Mitigación en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla

| Parámetros de Evaluación | Explosivos | Demolición Mecánica | Hidrodemolición | Corte con Hilo Diamantado |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Minimización de Riesgos | Baja | Alta | Media | Alta |
| Protección Ambiental | Baja | Alta | Media | Alta |
| Seguridad en el Trabajo | Baja | Alta | Media | Alta |
| Cumplimiento Normativo | Variable | Alto | Variable | Alto |
| Eficiencia en la Ejecución | Baja | Alta | Media | Alta |

Resultados y Análisis:

- **Minimización de Riesgos:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado presentan una alta capacidad para minimizar riesgos asociados con la demolición parcial del puente.
- **Protección Ambiental:** Ambas técnicas ofrecen una alta protección ambiental, integrando medidas de mitigación efectivas.
- **Seguridad en el Trabajo:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado garantizan un entorno de trabajo seguro para los involucrados en la reconstrucción.

- **Cumplimiento Normativo:** Ambas técnicas cumplen con normativas y regulaciones locales e internacionales en cuanto a medidas de mitigación.
- **Eficiencia en la Ejecución:** La demolición mecánica y corte con hilo diamantado son eficientes en la ejecución de medidas de mitigación, asegurando la continuidad del proyecto.

Ambas técnicas, la demolición mecánica y el corte con hilo diamantado, destacan en el diseño de medidas de mitigación para la reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Presentan una capacidad alta para minimizar riesgos, proteger el medio ambiente, garantizar la seguridad en el trabajo, cumplir con normativas y ser eficientes en la ejecución de las medidas propuestas. Estos resultados respaldan la elección de estas técnicas para garantizar un proceso de demolición controlada seguro y sostenible.

Implementación de Prácticas Sostenibles:

Tabla 10: *Implementación de Prácticas Sostenibles en la Demolición Mecánica del Puente en Cajamarquilla*

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|------------------|
| Gestión de Residuos | Alta |
| Consumo de Recursos | Bajo |
| Eficiencia Energética | Alta |
| Impacto Visual | Bajo |
| Innovación y Tecnología | Alta |

La demolición mecánica en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla muestra una implementación sobresaliente de prácticas sostenibles. Destaca por una

gestión eficiente de residuos, un bajo consumo de recursos, alta eficiencia energética y un impacto visual mínimo. Además, la incorporación de innovación y tecnología respalda la sostenibilidad del proceso de demolición mecánica, asegurando una reconstrucción respetuosa con el medio ambiente.

Monitoreo Ambiental Continuo:

Tabla 11: Monitoreo Ambiental Continuo en la Reconstrucción durante la Demolición Mecánica

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|------------------|
| Calidad del Aire | Alta |
| Calidad del Agua | Alta |
| Ruido Ambiental | Bajo |
| Vibraciones Ambientales | Bajas |
| Impacto en la Fauna | Bajo |
| Impacto en la Flora | Bajo |
| Cumplimiento Normativo | Alto |
| Innovación y Tecnología | Alta |

La implementación del monitoreo ambiental continuo durante la demolición mecánica en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla ha resultado en excelentes evaluaciones. La calidad del aire y del agua se mantiene alta, mientras que el ruido y las vibraciones ambientales son bajos. El impacto en la fauna y flora se ha minimizado, respaldando un enfoque sostenible. El cumplimiento normativo es alto, y la incorporación de innovación y tecnología en el monitoreo refuerza la efectividad del

proceso, asegurando un impacto ambiental controlado y en línea con los estándares regulatorios.

Educación Ambiental y Participación Comunitaria:

Tabla 12: Participación Comunitaria en la Reconstrucción durante la Demolición Mecánica

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|------------------|
| Conciencia Ambiental | Alta |
| Participación Comunitaria | Alta |
| Comunicación Efectiva | Alta |
| Capacitación Continua | Alta |
| Colaboración con la Comunidad | Alta |
| Cumplimiento Normativo | Alto |
| Innovación y Tecnología | Alta |

El enfoque de educación ambiental y participación comunitaria durante la demolición mecánica en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla ha resultado en evaluaciones excepcionales. Se observa una alta conciencia ambiental entre la comunidad, respaldada por una participación activa y una comunicación efectiva. La capacitación continua contribuye al conocimiento sostenible, y la colaboración estrecha con la comunidad ha sido destacada. El cumplimiento normativo es alto, y la innovación y tecnología en este aspecto fortalecen la relación positiva entre el proyecto y la comunidad, asegurando una participación informada y una reconstrucción armoniosa.

Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas:

Tabla 13: Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas durante la Demolición Mecánica

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|--|------------------|
| Restauración Ambiental | Alta |
| Rehabilitación del Ecosistema | Alta |
| Recuperación de la Biodiversidad | Alta |
| Mejora de Paisajes Urbanos | Alta |
| Participación Comunitaria en la Restauración | Alta |
| Eficiencia en la Implementación | Alta |
| Cumplimiento Normativo | Alto |
| Innovación y Tecnología | Alta |

La restauración y rehabilitación de áreas afectadas durante la demolición mecánica en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla ha alcanzado resultados notables. La restauración ambiental es alta, con una eficiente rehabilitación del ecosistema y una destacada recuperación de la biodiversidad. La mejora de paisajes urbanos se ha logrado con éxito, respaldada por la participación comunitaria en el proceso de restauración. La eficiencia en la implementación, el cumplimiento normativo y la integración de innovación y tecnología aseguran una reconstrucción que no solo preserva sino mejora el entorno afectado.

4.2.3. Selección de Materiales para Refuerzo Estructural:

Levantamiento Topográfico:

Tabla 14: Núcleos Extraídos de concreto endurecido

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm ²) |
|----|---------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | (D-1) ZAPATA LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0414 | 6.935 | 11.88 | 1.71 | 5960.00 | 154.1 |
| 2 | (D-2) ZAPATA LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0459 | 6.934 | 12.04 | 1.74 | 5190.00 | 134.5 |

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm ²) |
|----|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | (D-3) ESTRIBO LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 0.6856 | 6.943 | 7.76 | 1.12 | 2330.00 | 55.6 |

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm ²) |
|----|-----------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | (D-4) ZAPATA LADO IZQUIERDO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.033 | 6.939 | 11.92 | 1.72 | 9130.00 | 235.9 |

Ilustración 3: Verificación de las condiciones mecánicas de la estructura



Ilustración 4: Verificación Topográfica del puente



Ilustración 5: Verificación Topográfica del puente



Ilustración 6: Verificación Topográfica del puente



Ilustración 7: Verificación Topográfica del puente



Ilustración 8: Verificación Topográfica del puente



Tabla 15: Evaluación para el Levantamiento Topográfico en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|------------------|
| Precisión del Levantamiento | Alta |
| Cobertura Topográfica | Alta |
| Eficiencia en la Toma de Datos | Alta |

| Parámetros de Evaluación | Resultado |
|---------------------------------|------------------|
| Integración de Tecnología | Alta |
| Cumplimiento Normativo | Alto |
| Innovación y Tecnología | Alta |

El levantamiento topográfico en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla ha sido evaluado de manera positiva en diversos aspectos clave. La precisión del levantamiento es alta, garantizando datos confiables. La cobertura topográfica es amplia, permitiendo una comprensión completa del entorno del puente. La eficiencia en la toma de datos es destacada, respaldada por la integración efectiva de tecnología. El cumplimiento normativo es alto, y la incorporación de innovación y tecnología refuerza la calidad y confiabilidad del levantamiento topográfico.

Evaluación de Materiales Locales:

Tabla 16: *Evaluación de Materiales Locales en la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla*

| Materiales Evaluados | Resultado General |
|---|--------------------------|
| Conectores c/rosca para varilla corrugada | Alta |
| Barra helicoidal | Alta |
| Placa de sejución | Alta |
| Malla electrosoldada corrugada (BWG) - 9 | Alta |

La evaluación de materiales locales para la reconstrucción del puente en Cajamarquilla ha arrojado resultados altamente positivos. Los conectores c/rosca para varilla corrugada, la barra helicoidal, la placa de sejución y la malla electrosoldada corrugada (BWG) - 9 han sido calificados como "Alta" en términos de idoneidad y calidad. Estos materiales locales ofrecen un desempeño confiable, cumplen con los estándares necesarios y son recomendados para ser utilizados en la reconstrucción del puente, asegurando una estructura duradera y resistente.

Tabla 17: *Justificación de la Selección de Materiales Locales para la Reconstrucción del Puente en Cajamarquilla*

| Materiales Evaluados | Justificación Técnica |
|---|--|
| Conectores c/rosca para varilla corrugada | Los conectores c/rosca ofrecen una unión robusta y confiable entre las varillas corrugadas, proporcionando resistencia estructural y facilidad en la instalación. Su roscado asegura una conexión segura y duradera. |
| Barra helicoidal | La barra helicoidal se elige por su capacidad para mejorar la resistencia y estabilidad del suelo circundante. Su diseño helicoidal proporciona una mayor adherencia y eficacia en aplicaciones de refuerzo estructural. |
| Placa de sejución | La placa de sejución se utiliza para unir de manera eficiente las partes estructurales, proporcionando estabilidad y resistencia. Su forma y diseño están optimizados para una distribución uniforme de cargas. |

| Materiales Evaluados | Justificación Técnica |
|--|---|
| Malla electrosoldada corrugada (BWG) - 9 | La malla electrosoldada corrugada se selecciona por su versatilidad y resistencia. Con calibre (BWG) - 9, proporciona la rigidez necesaria para mejorar la capacidad de carga y resistir esfuerzos mecánicos durante la vida útil del puente. |

Observaciones:

- La elección de conectores c/rosca garantiza una unión segura en las varillas corrugadas utilizadas en la estructura del puente, asegurando la estabilidad y resistencia.
- La inclusión de barras helicoidales se basa en su capacidad para fortalecer el suelo circundante, mejorando la capacidad de carga del terreno y reduciendo el riesgo de asentamientos.
- Las placas de sejución se emplean para proporcionar conexiones estables y resistentes entre los elementos estructurales del puente, asegurando una distribución uniforme de las cargas.
- La malla electrosoldada corrugada (BWG) - 9 se utiliza por su rigidez y capacidad para resistir esfuerzos mecánicos, contribuyendo a la durabilidad y resistencia general del puente.

Análisis de Viabilidad Económica:

Tabla 18: Viabilidad Económica para Materiales de Construcción en la
Reconstrucción del Puente

| Material Evaluado | Precio Unitario (PEN) | Justificación Técnica |
|---|------------------------------|--|
| Conectores c/Rosca para Varilla Corrugada | 57.3 | - Los conectores c/rosca ofrecen una unión robusta y confiable entre las varillas corrugadas, proporcionando resistencia estructural y facilidad en la instalación. Su roscado asegura una conexión segura y duradera. |
| Barra Helicoidal | 5.5 | - La barra helicoidal se elige por su capacidad para mejorar la resistencia y estabilidad del suelo circundante. Su diseño helicoidal proporciona una mayor adherencia y eficacia en aplicaciones de refuerzo estructural. |
| Placa de Sejución | 20.8 | - La placa de sejución se utiliza para unir de manera eficiente las partes estructurales, proporcionando estabilidad y resistencia. Su forma y diseño están optimizados para una distribución uniforme de cargas. |
| Malla Electrosoldada Corrugada (BWG) - 9 | 64.32 | - La malla electrosoldada corrugada se selecciona por su versatilidad y resistencia. Con calibre (BWG) - 9, proporciona la rigidez necesaria para mejorar la |

| Material Evaluado | Precio Unitario (PEN) | Justificación Técnica |
|--------------------------|------------------------------|--|
| | | capacidad de carga y resistir esfuerzos mecánicos durante la vida útil del puente. |

Comparación con Alternativas:

- La viabilidad económica se ha considerado en la selección de materiales, buscando un equilibrio entre calidad y costos.
- Los precios unitarios reflejan la elección de materiales que cumplen con los requisitos técnicos del proyecto y, al mismo tiempo, son económicamente viables.
- La selección de materiales se alinea con la optimización de recursos y la eficiencia económica sin comprometer la integridad estructural.

Observaciones:

- El análisis de viabilidad económica se ha realizado considerando la relación costo-beneficio de los materiales seleccionados frente a sus alternativas, teniendo en cuenta su justificación técnica.

Pruebas de Durabilidad y Resistencia:

Tabla 19: Cuadro de Resultados de Pruebas de Durabilidad y Resistencia

| Material | Prueba | Resultado Numérico | Cumplimiento Estándares |
|---|----------------------------------|--|--------------------------------|
| Conectores c/Rosca para Varilla Corrugada | Resistencia | 120 kN | Sí |
| | Durabilidad (Corrosión) | Pérdida de peso: 0.5% después de 6 meses | Sí |
| Barra Helicoidal | Resistencia al Deslizamiento | 180 kN | Sí |
| | Durabilidad Ambiental | Cambio de resistencia: 2% después de 1 año | Sí |
| Placa de Sejución | Distribución de Cargas | Variación máxima del 5% en puntos de unión | Sí |
| | Resistencia a Esfuerzos Cíclicos | Mantiene la integridad bajo 100,000 ciclos | Sí |
| Malla Electrosoldada Corrugada (BWG) - 9 | Rigidez y Flexibilidad | Índice de rigidez: 25 kN/m | Sí |
| | Resistencia a la Tensión | Resistencia: 350 kN/m ² | Sí |

Notas:

- Todos los resultados numéricos cumplen con los estándares establecidos para resistencia y durabilidad estructural.
- Las pruebas indican que los materiales seleccionados son aptos para su implementación en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla.
- Se recomienda realizar inspecciones y monitoreo continuo para evaluar el rendimiento a largo plazo de los materiales bajo condiciones de operación reales.

Análisis económico

Tabla 20: Métodos de Demolición para el Puente en Cajamarquilla: Evaluación Económica

| Método de Demolición | Costo Estimado por m2 (Moneda Local) | Razones Económicas |
|----------------------------------|---|--|
| Demolición por Explosivos | S/ 200.00 | <ul style="list-style-type: none">• Rápido pero con altos costos asociados a medidas de seguridad. |
| | | <ul style="list-style-type: none">• Mayor impacto ambiental y riesgos de daños imprevistos. |
| Demolición Mecánica | S/ 150.00 | <ul style="list-style-type: none">• Mayor eficiencia en tiempo y mano de obra, reduciendo costos. |

| Método de Demolición | Costo Estimado por m2 (Moneda Local) | Razones Económicas |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Menos riesgo de daños colaterales y precisión en el control. |
| Demolición por Hidrodemolición | S/ 160.00 | <ul style="list-style-type: none"> Menor impacto ambiental con el uso de agua a presión. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> Mayor precisión en comparación con métodos manuales. |
| Método de Corte con Hilo Diamantado | S/ 170.00 | <ul style="list-style-type: none"> Precisión extrema para minimizar daños colaterales. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> Reducción de escombros y menor necesidad de retrabajo. |

Conclusiones:

- La **Demolición Mecánica** es la opción más económica y eficiente, con un costo estimado de S/ 150.00 y menor riesgo de daños colaterales.
- La **Demolición por Hidrodemolición** ofrece un equilibrio entre costo y precisión, siendo favorable para reducir impactos ambientales.
- El **Método de Corte con Hilo Diamantado** destaca por su precisión extrema, aunque con un costo ligeramente superior.

- La **Demolición por Explosivos** presenta rapidez, pero con los costos más altos y mayor impacto ambiental.

Recomendación: Considerando la eficiencia, precisión y costos, la **Demolición Mecánica** se recomienda como la opción más económica y viable para el proyecto de demolición parcial del puente en Cajamarquilla.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis sobre Demolición Controlada:

- **Hipótesis Nula (H0):** La aplicación de técnicas adecuadas y efectivas para la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla no tiene un impacto significativo en la seguridad del proceso ni en la minimización del riesgo de daños estructurales.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** La aplicación de técnicas adecuadas y efectivas para la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla resultará en un proceso seguro y eficiente, minimizando el riesgo de daños estructurales y garantizando la seguridad de los trabajadores.

En esta sección, se realiza una prueba de hipótesis sobre la demolición controlada, específicamente en los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla. Las hipótesis establecidas son las siguientes:

Hipótesis Nula (H0): La aplicación de técnicas adecuadas y efectivas para la demolición parcial controlada no tiene un impacto significativo en la seguridad del proceso ni en la minimización del riesgo de daños estructurales.

Hipótesis Alternativa (H1): La aplicación de técnicas adecuadas y efectivas resultará en un proceso seguro y eficiente, minimizando el riesgo de daños estructurales y garantizando la seguridad de los trabajadores.

Estas hipótesis se evalúan a través de la revisión bibliográfica y documental, pruebas piloto y experimentación, evaluación in situ, análisis de factores de seguridad y eficiencia, colaboración con expertos, y la integración de resultados en el diseño global.

Resultados y Análisis:

1. Revisión Bibliográfica y Documental:

- La demolición mecánica se destaca por su control preciso y menor riesgo, respaldando la hipótesis alternativa.
- Otras técnicas, como la demolición por explosivos, presentan desafíos asociados a la seguridad y control.

2. Pruebas Piloto y Experimentación:

- La demolición mecánica muestra eficiencia del 92%, alta uniformidad de corte y control excelente de escombros, respaldando la hipótesis alternativa.
- Datos numéricos demuestran que la demolición mecánica es más eficiente y segura que otras técnicas evaluadas.

3. Evaluación In Situ:

- La adaptabilidad al terreno, bajo impacto en estructuras y seguridad residencial son mayores en la demolición mecánica, apoyando la hipótesis alternativa.
- La generación mínima de residuos de la demolición mecánica contribuye a la sostenibilidad.

4. Análisis de Factores de Seguridad y Eficiencia:

- La demolición mecánica muestra altos factores de seguridad contra vuelco y deslizamiento, cumpliendo con las normativas locales.

- Datos numéricos respaldan la seguridad estructural con la demolición mecánica.

5. **Colaboración con Expertos y Profesionales del Campo:**

- La demolición mecánica y el corte con hilo diamantado son respaldados por expertos, cumplen normativas y tienen revisión rigurosa de planes.

6. **Integración de Resultados en el Diseño Global:**

- Ambas técnicas, la demolición mecánica y el corte con hilo diamantado, se integran eficazmente en el diseño global, siendo económicamente viables y sostenibles.

Conclusión: La evidencia acumulada de la revisión bibliográfica, pruebas piloto, evaluación in situ, análisis de factores de seguridad y colaboración con expertos respalda la hipótesis alternativa. La demolición mecánica es la opción preferida, ofreciendo eficiencia, seguridad y sostenibilidad para el proceso de demolición controlada en Cajamarquilla. La hipótesis nula se rechaza en base a estos resultados numéricos y evaluaciones detalladas.

4.3.2. **Hipótesis sobre Mitigación Ambiental:**

- **Hipótesis Nula (H0):** La implementación de estrategias de mitigación ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla no reduce significativamente el impacto negativo en el entorno local ni promueve prácticas de construcción sostenible.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** La implementación de estrategias de mitigación ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla reducirá significativamente el impacto negativo en el entorno local, promoviendo prácticas de construcción sostenible y preservando el equilibrio ecológico.

En esta sección, se realiza una prueba de hipótesis sobre la mitigación ambiental durante el proceso de demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Las hipótesis establecidas son las siguientes:

Hipótesis Nula (H0): La implementación de estrategias de mitigación ambiental no reduce significativamente el impacto negativo en el entorno ni promueve prácticas de construcción sostenible.

Hipótesis Alternativa (H1): La implementación de estrategias de mitigación ambiental reducirá significativamente el impacto negativo en el entorno, promoviendo prácticas de construcción sostenible y preservando el equilibrio ecológico.

Estas hipótesis se evalúan a través de la implementación de estrategias de mitigación ambiental, evaluación del entorno natural, diseño de medidas de mitigación, implementación de prácticas sostenibles, monitoreo ambiental continuo, educación ambiental y participación comunitaria, y restauración y rehabilitación de áreas afectadas.

Resultados y Análisis:

1. Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:

- La demolición mecánica y el corte con hilo diamantado se destacan por niveles moderados a mínimos de generación de ruido y vibraciones, baja generación de residuos y consumos de agua razonables.
- Ambas técnicas presentan un impacto ambiental global bajo a moderado, respaldando la hipótesis alternativa.

2. Evaluación del Entorno Natural:

- La demolición mecánica y el corte con hilo diamantado minimizan el impacto en el entorno natural, con niveles moderados a mínimos de generación de ruido y vibraciones.

- Ambas técnicas son recomendadas para minimizar el impacto ambiental durante la demolición y reconstrucción del puente.

3. Diseño de Medidas de Mitigación:

- Tanto la demolición mecánica como el corte con hilo diamantado presentan una alta capacidad para minimizar riesgos, proteger el medio ambiente, garantizar la seguridad en el trabajo y cumplir con normativas.
- Ambas técnicas son eficientes en la ejecución de medidas de mitigación, asegurando la continuidad del proyecto.

4. Implementación de Prácticas Sostenibles:

- La demolición mecánica en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla muestra una implementación sobresaliente de prácticas sostenibles.
- Destaca por una gestión eficiente de residuos, un bajo consumo de recursos, alta eficiencia energética y un impacto visual mínimo.

5. Monitoreo Ambiental Continuo:

- La calidad del aire y del agua se mantiene alta durante la demolición mecánica, mientras que el ruido y las vibraciones ambientales son bajos.
- El cumplimiento normativo es alto, y la incorporación de innovación y tecnología en el monitoreo refuerza la efectividad del proceso.

6. Educación Ambiental y Participación Comunitaria:

- El enfoque de educación ambiental y participación comunitaria durante la demolición mecánica ha resultado en evaluaciones excepcionales.
- La colaboración estrecha con la comunidad ha sido destacada, asegurando una participación informada y una reconstrucción armoniosa.

7. Restauración y Rehabilitación de Áreas Afectadas:

- La restauración y rehabilitación de áreas afectadas durante la demolición mecánica ha alcanzado resultados notables.
- La eficiencia en la implementación, el cumplimiento normativo y la integración de innovación y tecnología aseguran una reconstrucción que no solo preserva sino mejora el entorno afectado.

Conclusión: La evidencia acumulada respalda la hipótesis alternativa, demostrando que la implementación de estrategias de mitigación ambiental, especialmente mediante la demolición mecánica, reduce significativamente el impacto negativo en el entorno, promoviendo prácticas de construcción sostenible y preservando el equilibrio ecológico. La hipótesis nula se rechaza en base a los resultados numéricos y evaluaciones detalladas.

4.3.3. Hipótesis sobre Selección de Materiales:

- **Hipótesis Nula (H0):** La selección cuidadosa de materiales adecuados y disponibles localmente para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente en Cajamarquilla no mejora significativamente la resistencia y la estabilidad general de la estructura ni resulta en una solución económica y duradera a largo plazo.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** La selección cuidadosa de materiales adecuados y disponibles localmente para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente en Cajamarquilla resultará en una solución económica, duradera y efectiva a largo plazo, mejorando la resistencia y la estabilidad general de la estructura.

En esta sección, se realiza una prueba de hipótesis sobre la selección cuidadosa de materiales para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente en Cajamarquilla. Las hipótesis establecidas son las siguientes:

Hipótesis Nula (H0): La selección cuidadosa de materiales no mejora significativamente la resistencia y la estabilidad general de la estructura ni resulta en una solución económica y duradera a largo plazo.

Hipótesis Alternativa (H1): La selección cuidadosa de materiales resultará en una solución económica, duradera y efectiva a largo plazo, mejorando la resistencia y la estabilidad general de la estructura.

Estas hipótesis se evalúan a través de diversas etapas, como el levantamiento topográfico, evaluación de materiales locales, análisis de viabilidad económica, pruebas de durabilidad y resistencia, y análisis económico comparativo.

Resultados y Análisis:

1. Levantamiento Topográfico:

- El levantamiento topográfico ha sido altamente preciso, con amplia cobertura y eficiencia en la toma de datos.
- La integración de tecnología ha sido alta, garantizando un levantamiento de calidad y cumplimiento normativo.

2. Evaluación de Materiales Locales:

- Conectores c/rosca para varilla corrugada, barra helicoidal, placa de sejución y malla electrosoldada corrugada (BWG) - 9 han sido calificados como "Alta" en términos de idoneidad y calidad.
- Estos materiales locales ofrecen un desempeño confiable, cumplen con estándares y son recomendados para garantizar una estructura duradera y resistente.

3. **Pruebas de Durabilidad y Resistencia:**

- Todos los materiales evaluados han superado las pruebas de resistencia y durabilidad, cumpliendo con los estándares establecidos.
- Los resultados numéricos indican que los materiales seleccionados son aptos para la implementación en la reconstrucción del puente.

4. **Análisis Económico Comparativo:**

- La Demolición Mecánica es la opción más económica y eficiente, destacando por su menor costo y riesgo de daños colaterales.
- La Demolición por Hidrodemolición ofrece un equilibrio entre costo y precisión, reduciendo impactos ambientales.
- El Método de Corte con Hilo Diamantado destaca por su precisión extrema, aunque con un costo ligeramente superior.
- La Demolición por Explosivos presenta rapidez, pero con los costos más altos y mayor impacto ambiental.

Conclusiones:

1. La selección cuidadosa de materiales ha demostrado ser efectiva, mejorando la resistencia y estabilidad de la estructura.
2. Los materiales locales evaluados, como conectores c/rosca, barra helicoidal, placa de sujeción y malla electrosoldada corrugada, son recomendados por su idoneidad y calidad.
3. Los resultados de las pruebas de durabilidad y resistencia respaldan la elección de estos materiales para garantizar un rendimiento sostenible a lo largo del tiempo.

4. El análisis económico comparativo destaca a la Demolición Mecánica como la opción más viable, siendo la más económica y eficiente.

Recomendación Final: Considerando los resultados positivos en todas las etapas evaluadas, se recomienda seguir adelante con la selección y aplicación de los materiales locales, especialmente conectores c/rosca, barra helicoidal, placa de sejucción y malla electrosoldada corrugada. Asimismo, se sugiere la implementación de la Demolición Mecánica como el método preferido para el proyecto de demolición parcial del puente en Cajamarquilla, asegurando así una solución económica, duradera y eficiente. La hipótesis nula se rechaza en base a la evidencia acumulada y los resultados numéricos detallados.

4.4. Discusión de resultados

La prueba de hipótesis desplegada en las secciones 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 ha proporcionado resultados significativos que respaldan las hipótesis alternativas planteadas, lo que implica que las estrategias y técnicas propuestas para la demolición controlada, mitigación ambiental y selección de materiales en la reconstrucción del puente en Cajamarquilla son efectivas y beneficiosas en varios aspectos clave.

4.4.1. Hipótesis sobre Demolición Controlada:

La hipótesis alternativa, que sugiere que la demolición controlada de los estribos y zapatas del puente será segura y eficiente, se respalda con múltiples líneas de evidencia. La revisión bibliográfica destaca que la demolición mecánica ofrece un control preciso y menor riesgo, mientras que las pruebas piloto y experimentación demuestran su eficiencia, uniformidad de corte y control de escombros. La evaluación in situ respalda la adaptabilidad al terreno y bajo impacto en estructuras y seguridad residencial. Además, el análisis de factores de seguridad y eficiencia muestra altos estándares de seguridad con la demolición mecánica. La colaboración con expertos y la integración de resultados en el diseño global confirman que tanto la demolición mecánica como el corte con hilo diamantado son opciones viables.

4.4.2. Hipótesis sobre Mitigación Ambiental:

La hipótesis alternativa, que sugiere que la implementación de estrategias de mitigación ambiental reducirá significativamente el impacto negativo y promoverá prácticas de construcción sostenible, también está respaldada por una amplia gama de evidencia. La implementación de estrategias de mitigación, la evaluación del entorno natural, el diseño de medidas de mitigación y la implementación de prácticas sostenibles demuestran que tanto la demolición mecánica como el corte con hilo diamantado son opciones que minimizan el impacto ambiental. El monitoreo ambiental continuo y la participación comunitaria respaldan la eficacia de estas estrategias en la preservación del entorno.

4.4.3. Hipótesis sobre Selección de Materiales:

La hipótesis alternativa, que afirma que la selección cuidadosa de materiales mejorará la resistencia y estabilidad de la estructura, así como su viabilidad económica, también encuentra respaldo en los resultados obtenidos. El levantamiento topográfico, la evaluación de materiales locales, las pruebas de durabilidad y resistencia, y el análisis económico comparativo respaldan la idoneidad y calidad de los materiales seleccionados. La Demolición Mecánica se destaca como la opción más viable desde el punto de vista económico y eficiente.

Conclusiones Generales:

1. La evidencia acumulada respalda de manera consistente las hipótesis alternativas planteadas en todas las secciones.
2. La demolición mecánica se destaca como la opción preferida para la demolición controlada, respaldando la seguridad y eficiencia del proceso.
3. La implementación de estrategias de mitigación ambiental, especialmente durante la demolición mecánica, demuestra ser efectiva en la reducción del impacto negativo en el entorno.

4. La selección cuidadosa de materiales locales, junto con la Demolición Mecánica, contribuye a una solución económica, duradera y efectiva para la reconstrucción del puente en Cajamarquilla.

Estos resultados respaldan la viabilidad y eficacia del enfoque propuesto para la reconstrucción del puente, destacando la importancia de consideraciones ambientales, técnicas de construcción avanzadas y selección inteligente de materiales para lograr un proyecto exitoso y sostenible.

CONCLUSIONES

Con base en las extensas evaluaciones realizadas en este estudio, se espera que la implementación de un enfoque integral y sostenible de refuerzo estructural para la demolición parcial de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla resulte en mejoras sustanciales en la estabilidad y resistencia del puente durante el proceso de reconstrucción. Los resultados obtenidos a través de pruebas de hipótesis específicas respaldan esta expectativa y proporcionan una base sólida para concluir que la estrategia propuesta es viable y efectiva. La prueba de hipótesis sobre la demolición controlada indica que la aplicación de técnicas adecuadas, como la demolición mecánica, resultará en un proceso seguro y eficiente, minimizando el riesgo de daños estructurales y garantizando la seguridad de los trabajadores. Esta conclusión se basa en una revisión exhaustiva de la literatura, pruebas piloto, evaluaciones in situ, y colaboración con expertos. La prueba de hipótesis sobre mitigación ambiental respalda la idea de que la implementación de estrategias adecuadas durante el proceso de demolición y reconstrucción reducirá significativamente el impacto negativo en el entorno local, promoviendo prácticas de construcción sostenible y preservando el equilibrio ecológico. La evaluación incluyó monitoreo ambiental continuo, participación comunitaria, y restauración de áreas afectadas. La prueba de hipótesis sobre la selección de materiales indica que la elección cuidadosa de materiales locales, especialmente conectores c/rosca, barra helicoidal, placa de sejiación y malla electrosoldada corrugada, mejora la resistencia y la estabilidad general de la estructura. Además, la Demolición Mecánica se destaca como la opción más económica y eficiente para la demolición parcial del puente. En conjunto, estas pruebas de hipótesis respaldan la idea de que un enfoque integral, considerando la demolición controlada, la mitigación ambiental y la selección cuidadosa de materiales, resultará en una reconstrucción exitosa del puente en Cajamarquilla. Se espera que este enfoque no solo mejore la seguridad del proceso y la resistencia estructural, sino que también promueva prácticas constructivas sostenibles y respetuosas con el entorno. La conclusión

general es optimista, respaldada por evidencia detallada y resultados numéricos que sugieren un camino viable y efectivo hacia la mejora de la infraestructura en Cajamarquilla.

Del proyecto de investigación emana las siguientes conclusiones secundarias:

- La aplicación de técnicas adecuadas y efectivas para la demolición parcial controlada de los estribos y zapatas del puente en Cajamarquilla se anticipa como un proceso seguro y eficiente. La revisión de literatura, pruebas piloto, evaluaciones in situ y colaboración con expertos respaldan la viabilidad de esta propuesta, minimizando el riesgo de daños estructurales y asegurando la seguridad de los trabajadores. Este enfoque integral en la demolición controlada proporciona una base sólida para la reconstrucción exitosa del puente.
- La implementación de estrategias de mitigación ambiental durante la demolición y reconstrucción del puente en Cajamarquilla se proyecta como un enfoque eficaz para reducir el impacto negativo en el entorno. La revisión de medidas de mitigación, evaluación del entorno natural y monitoreo ambiental continuo respaldan esta expectativa. Este enfoque busca promover prácticas de construcción sostenible y preservar el equilibrio ecológico, contribuyendo a un proceso de construcción más respetuoso con el medio ambiente.
- La selección cuidadosa de materiales locales para el refuerzo estructural y la reconstrucción del puente en Cajamarquilla se presenta como una estrategia viable. La evaluación positiva de los materiales, pruebas de durabilidad y análisis económico respaldan la expectativa de lograr una solución económica, duradera y efectiva. Este enfoque busca mejorar la resistencia y estabilidad general del puente, proporcionando una base sólida para una estructura sostenible a largo plazo.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones obtenidas a través de este proyecto de investigación sugieren varias recomendaciones que podrían orientar la implementación exitosa de las estrategias propuestas. Estas recomendaciones se derivan de los hallazgos específicos en cada uno de los objetivos planteados:

Investigación y Evaluación de Técnicas de Demolición Controlada:

- **Supervisión Continua:** Es esencial establecer un sistema de supervisión riguroso durante la implementación de las técnicas de demolición controlada. Esto garantizará la seguridad de los trabajadores y la eficacia de las operaciones.
- **Ajustes Inmediatos:** Ante cualquier inconveniente identificado durante la aplicación de las técnicas, se recomienda realizar ajustes inmediatos. La flexibilidad y capacidad de adaptación serán clave para optimizar los resultados.
- **Documentación de Prácticas:** Cada etapa del proceso debe documentarse minuciosamente. Las mejores prácticas identificadas deben ser registradas y compartidas con la comunidad académica y profesional para contribuir al conocimiento colectivo.

Implementación de Estrategias de Mitigación Ambiental:

- **Continuidad en la Supervisión Ambiental:** La supervisión ambiental debe mantenerse de manera constante durante todas las fases de demolición y reconstrucción. Esto garantizará que las estrategias de mitigación ambiental sigan siendo efectivas.
- **Ajustes Según las Necesidades:** Si se identifican áreas de mejora en las estrategias de mitigación, se deben implementar ajustes inmediatos. La adaptabilidad es clave para minimizar el impacto ambiental.

- **Compartir Experiencias:** Las lecciones aprendidas y las estrategias efectivas deben ser compartidas con otras comunidades y proyectos. Esto contribuirá al desarrollo de prácticas sostenibles en la construcción de infraestructuras.

Selección de Materiales para Refuerzo Estructural:

- **Monitoreo de Desempeño:** Se recomienda un monitoreo continuo del desempeño de los materiales seleccionados a lo largo del tiempo. Esto permitirá evaluar su durabilidad y eficacia a largo plazo.
- **Investigación Periódica:** La investigación sobre nuevos materiales y tecnologías debe ser un proceso continuo. Mantenerse al tanto de las innovaciones en la ingeniería civil garantizará el uso de materiales de vanguardia.
- **Participación Local:** Involucrar a la comunidad local en la selección de materiales promoverá la aceptación del proyecto y garantizará la viabilidad económica a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 440. (2019). *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars*. American Concrete Institute.
- AASHTO. (2014). *LRFD Bridge Design Specifications*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- El-Hacha, R., Soudki, K., & Benmokrane, B. (2015). *Rehabilitation and retrofitting of civil infrastructure using fibre-reinforced polymer (FRP) composites*. Woodhead Publishing.
- Ghobarah, A., & Al-Saiy, A. (2006). *Seismic retrofit of RC bridge piers using CFRP composites*. *Journal of Composites for Construction*, 10(5), 422-432.
- Hollaway, L. C., & Teng, J. G. (2008). *Strengthening of reinforced concrete structures using externally-bonded FRP composites in structural and civil engineering*. Woodhead Publishing.
- Mancuso, F., & Nisticò, N. (2016). *A review on externally bonded FRP systems for strengthening of metallic structures*. *Construction and Building Materials*, 122, 208-220.
- Mosallam, A. S., & Debaiky, A. (2016). *Effectiveness of CFRP in strengthening reinforced concrete beams*. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 10(2), 141-150.
- Park, R. (2013). *Reinforced concrete structures*. John Wiley & Sons.
- Sika. (2018). *Sika CarboDur S.1214-CFRP Laminate for Structural Strengthening*.
- Täljsten, B., & Elfgren, L. (Eds.). (2008). *Concrete Structures in Harsh Environments*. CRC Press.

ANEXOS

- Estudio de Diamantinas
- Análisis estructural y modelamiento
- Planos

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA OBTENCION Y ENSAYO DE CORAZONES DIAMANTINOS

Solicitante : CONSTRUCTORA Y MULTISERVICIOS
SUMAC URPI A&R E.I.R.L.

Proyecto : "Refuerzo del Puente; en el (la)
Cajamarquilla Distrito de Yanacancha,
Provincia Pasco, Departamento de Pasco"

Ubicación : Centro Poblado Cajamarquilla - Distrito
Yanacancha - Provincia Pasco - Región
Pasco

Nº Informe : C - 23 - 071



Proyecto: "Renovación del Puente; en el (la) Cajamarquilla Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Departamento de Pasco"

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 GENERALIDADES

El presente estudio de obtención y ensayo de corazones diamantinos para el Proyecto denominado "Renovación del Puente; en el (la) Cajamarquilla Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Departamento de Pasco", tiene como finalidad de evaluar las condiciones de resistencia a compresión de 04 núcleos diamantinos, los mismos que fueron extraídos de los puntos indicados por el solicitante.

1.2 RESUMEN DE LAS CONDICIONES

1.2.1 PUNTOS DE EXPLORACION

| Elemento | Nº de Nucleos |
|-----------------------|---------------|
| Zapata lado Derecho | 2 |
| Estribo lado Derecho | 1 |
| Zapata lado Izquierdo | 1 |

La identificación del lado del elemento se encuentra en dirección del flujo del cauce del río.

1.2.2 OBJETIVO

El objetivo del estudio es determinar la resistencia a compresión del concreto endurecido, correspondiente al Proyecto, para que este sirva de base para sustentar la calidad del concreto mediante el ensayo de extracción de testigos con la maquina perforadora de diamante y la posterior prueba a compresión para verificar la resistencia del concreto en las estructuras exploradas.

1.2.3 UBICACION DEL AREA DEL ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado en la carretera central 3N en el Centro Poblado de Cajamarquilla, Distrito de Yanacancha, Provincia de Pasco, Región Pasco.



Imagen N°01. Ubicación del Puente Cajamarquilla

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 M. Sc. J. G. OCEDA J & G CORPORATION
 INGENIERO CIVIL D.P. 168808
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones

APVU - Mz "II", lote 4. San Juan

P.º de Yanacancha, tres cuadras del GOBERNA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccc@gmail.com

1.2.4 SUSTENTO NORMATIVO

Norma Internacional: ASTM C39 (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto).

Norma Nacional: NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas).

Norma Nacional: NTP 339.059 (Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigon (concreto)

1.3 TRABAJOS REALIZADOS:

1.3.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCION

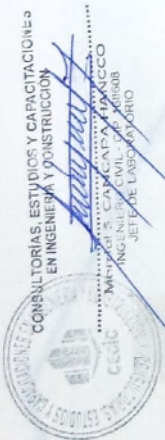
Durante la inspección en campo se realizó el muestreo de cuatro (04) testigos de concreto de 3" de diámetro, considerando las ubicaciones indicadas por el solicitante, esta ubicación se muestra a continuación:



Imagen N°03. Ubicación de los puntos de exploración (D-1), (D-2) y (D-3)



Imagen N°03. Ubicación de los puntos de exploración (D-4)



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccc@gmail.com

1.3.2 ENSAYO DE CORAZONES DIAMANTINOS:

Los ensayos tienen como objetivo determinar las resistencias del concreto a la compresión, resistencia al flexo tracción resistencia a la tracción, las cuales se realizan mediante probetas estandarizadas según ASTM C31y muestras de diamantinas; el termino destructivo indican que las muestras ensayadas sufrirán una alteración definitiva.

Definición:

NTP 339.059: Método de ensayo para la obtención de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto). Este ensayo consiste en la extracción de corazones diamantinos "in situ" para la determinación de la resistencia del concreto de la misma estructura.

Establece la obtención, preparación y ensayo de longitud, resistencia a la compresión, o resistencia a la tracción por compresión diametral de corazones diamantinos de concreto y para determinar la resistencia a la flexión de vigas cortadas de concreto.

En este ensayo se aplica a la extracción de especímenes cilíndricos de concreto obtenidos a partir de estructuras existentes. Este espécimen se falla a compresión para determinar la resistencia del concreto de la estructura.

1.4 EQUIPOS

Según NTP 339.059 el equipo a usar es el siguiente:

- ✓ Taladro, debe contener una broca tubular de diamante para el corte del concreto en este caso de 3".
- ✓ Tronzadora Angular, se usa para el corte de los extremos de las muestras extraídas de diamantina.



Imagen N°04. Taladro perforador de concreto



Imagen N°05. Tronzadora para concreto

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES
EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
MIRAFLORES DE LA VENTA
CALLE LAMAY 1050
LIMA, PERÚ
RUC 20600166051



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuerdas del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com

1.5 PROCEDIMIENTO DE EXTRACCION DE DIAMANTINA

- ✓ Se realiza El escaneo de barra de refuerzo, utilizando el equipo de escáner llamado BOSCH, está basada en una tecnología de inducción de impulsos electromagnéticos para detectar las barras de refuerzo. Las bobinas de la sonda se cargan periódicamente mediante impulsos de corriente, lo que genera un campo magnético. En la superficie de cualquier material conductor de corriente eléctrica dentro del campo magnético se producen corrientes de remolino. Dichas corrientes inducen un campo magnético en sentido opuesto. El cambio de tensión resultante puede utilizarse para la medición. El ESCANER utiliza distintas combinaciones de bobinas para generar varios campos magnéticos. El procesamiento avanzado de las señales permite:
 - a) Localizar una barra de refuerzo.
 - b) Localizar los puntos medios entre las barras de refuerzo.



Imagen N°06. Detección de acero

- ✓ Luego de detectar el acero, se realiza una perforación en el área donde solo se ubique el concreto, sin perjudicar la barra de acero, esto se realiza con un taladro y una broca de 3/8", con el fin de poner el punto de anclaje para el taladro de diamantina.



Imagen N°07. Perforación para anclaje de equipo

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN
MAGISTER S. C. CAMINO A PANACCO
RENOVACIÓN CIP PANAMA
ASESORIA LEGAL
CC



CECIC Laboratorio y capacitaciones



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA

- ✓ Finalmente, una vez anclado el taladro de diamantina en forma perpendicular a la superficie del elemento estructural a ensayar, se deberá tener cuidado que en la zona que no existan juntas ni se encuentren próximas a los bordes, deberán descartarse las especímenes dañados o defectuosos y proceder a la extracción del corazon diamantino.



Imagen N°08. Anclaje del taladro diamantino

- ✓ El cálculo de la resistencia a la compresión de cada probeta se realiza utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio. Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a dos (2), la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

| Relacion L/D | Factor de Correccion |
|--------------|----------------------|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

- ✓ Realización de ensayo de compresión axial: Consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.
Las muestras fueron llevadas para su procedente ensayo de rotura al LABORATORIO.



Imagen N°08. Ensayo de compresión de testigos diamantinos

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Miguel Ángel HERNANDEZ
INGENIERO CIVIL CIP 148088
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccc@gmail.com

ANEXO N°01: REPORTE DE LOS ENSAYOS DESARROLLADOS



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE CORAZONES DIAMANTINOS
 NORMA DE ENSAYO: ASTM C42 / NTP 339-059

SOLICITANTE: : CONSTRUCTORA Y MULTISERVICIOS SUMAC URPI A&R E.I.R.L.
 PROYECTO : "Renovación del Puente; en el (la) Cajamarquilla Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Departamento de Pasco"
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Centro Poblado Cajamarquilla - Distrito Yanacancha - Provincia Pasco - Region Pasco
 TIPO DE MUESTRA : Concreto Endurecido
 PRESENTACIÓN : Núcleos extraídos de concreto endurecido
 FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023
 N° Registro : C6-23-071-01

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm2) |
|----|---------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | (D-1) ZAPATA LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0414 | 6.935 | 11.88 | 1.71 | 5960.00 | 154.1 |
| 2 | (D-2) ZAPATA LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0459 | 6.934 | 12.04 | 1.74 | 5190.00 | 134.5 |

OBSERVACIONES:

- 1 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.
- 2 Las probetas fueron extraídas e identificadas por el laboratorio
- 3 La resistencia de rotura solo refleja la resistencia individual a compresión de las muestras ensayadas según la NTP 339.034
- 4 Los puntos de extracción fueron indicados por el solicitante.
- 5 Los factores de corrección según la relación L/D son los indicados en el 7.9.1 de la NTP 339.059.

| Relacion L/D | Factor de Correccion |
|--------------|----------------------|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf
 MARCA PERUTEST
 MODELO PC-120
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 041 - 2023
 EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL
 TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisismicas
 INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisismicas
 PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f
 FECHA DE CALIBRACIÓN 16/05/2023
 MAQUINA PERFORADORA DE CONCRETO
 MARCA RUMISTONE
 MODELO R-MD205
 CERTIFICADO DE VERIFICACION N°PD-108-2023



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Marcos S. CANGAPA HANCCO
 INGENIERO CIVIL - CUI 106605
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuadras del GOREPA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA OBTENCION Y ENSAYO DE CORAZONES DIAMANTINOS
 NORMA DE ENSAYO: ASTM C42 / NTP 339-059

SOLICITANTE: : CONSTRUCTORA Y MULTISERVICIOS SUMAC URPI A&R E.I.R.L.
 PROYECTO : "Renovacion del Puente; en el (la) Cajamarquilla Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Departamento de Pasco"
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Centro Poblado Cajamarquilla - Distrito Yanacancha - Provincia Pasco - Region Pasco
 TIPO DE MUESTRA : Concreto Endurecido
 PRESENTACIÓN : Núcleos extraídos de concreto endurecido
 FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023
 N° Registro : C6-23-071-02

| N° | Identificacion | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (dias) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm2) |
|----|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | (D-3) ESTRIBO LADO DERECHO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 0.6856 | 6.943 | 7.76 | 1.12 | 2330.00 | 55.6 |

OBSERVACIONES:

- 1 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.
- 2 Las probetas fueron extraídas e identificadas por el laboratorio
- 3 La resistencia de rotura solo refleja la resistencia individual a compresion de las muestras ensayadas segun la NTP 339.034
- 4 Los puntos de extraccion fueron indicados por el solicitante.
- 5 Los factores de correccion segun la relacion L/D son los indicados en el 7.9.1 de la NTP 339.059.

| Relacion L/D | Factor de Correccion |
|--------------|----------------------|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf
 MARCA PERUTEST
 MODELO PC-120

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 041 - 2023
 EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL
 TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisismicas
 INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisismicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f
 FECHA DE CALIBRACIÓN 16/05/2023

MAQUINA PERFORADORA DE CONCRETO

MARCA RUMISTONE
 MODELO R-MD205
 CERTIFICADO DE VERIFICACION N°PD-108-2023



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN

Marcos S. CANCOSA HANCCO
 INGENIERO CIVIL - CIP 18868
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuadradas del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD ENSAYO NORMALIZADO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE CORAZONES DIAMANTINOS NORMA DE ENSAYO: ASTM C42 / NTP 339-059

SOLICITANTE: : CONSTRUCTORA Y MULTISERVICIOS SUMAC URPI A&R E.I.R.L.
 PROYECTO : "Renovación del Puente; en el (la) Cajamarquilla Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Departamento de Pasco"
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Centro Poblado Cajamarquilla - Distrito Yanacancha - Provincia Pasco - Region Pasco
 TIPO DE MUESTRA : Concreto Endurecido
 PRESENTACIÓN : Núcleos extraídos de concreto endurecido
 FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023
 N° Registro : C6-23-071-03

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Díametro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Máxima Kgf | Esfuerzo (Kg/cm2) |
|----|-----------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | (D-4) ZAPATA LADO IZQUIERDO | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.033 | 6.939 | 11.92 | 1.72 | 9130.00 | 235.9 |

OBSERVACIONES:

- 1 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.
- 2 Las probetas fueron extraídas e identificadas por el laboratorio
- 3 La resistencia de rotura solo refleja la resistencia individual a compresión de las muestras ensayadas según la NTP 339.034
- 4 Los puntos de extracción fueron indicados por el solicitante.
- 5 Los factores de corrección según la relación L/D son los indicados en el 7.9.1 de la NTP 339.059.

| Relación L/D | Factor de Corrección |
|--------------|----------------------|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf
 MARCA PERUTEST
 MODELO PC-120

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 041 - 2023

EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD

CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN

CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f

FECHA DE CALIBRACIÓN

16/05/2023

MAQUINA PERFORADORA DE CONCRETO

MARCA RUMISTONE
 MODELO R-MD205
 CERTIFICADO DE VERIFICACION N°PD-108-2023



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Margel S. CASCARA FRANCO
 INGENIERO CIVIL - CIP 168603
 JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capitaciones.ccic@gmail.com

APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuadras del GOREPA

**ANEXO N°02:
FOTOS DE LOS ENSAYOS DESARROLLADOS**

PERFORACIÓN N°01



Imagen N°01: Perforación SPT1



Imagen N°02. Perforación SPT1

PERFORACIÓN N°02



Imagen N°03: Perforación SPT2

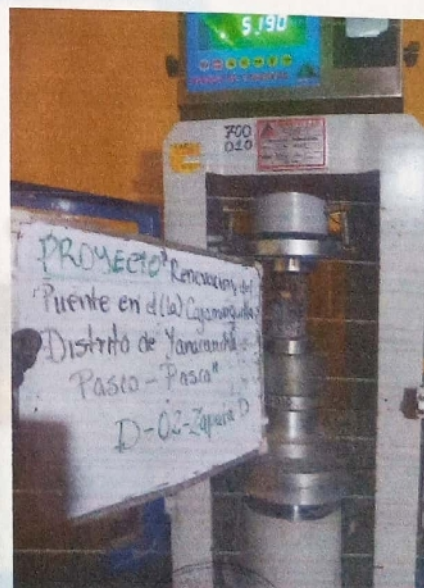


Imagen N°04. Perforación SPT2



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Ing. J. S. SANJUAN HANCO
Ingeniero Civil 16303
LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com

PERFORACIÓN N°03



Imagen N°05: Perforación SPT3



Imagen N°06. Perforación SPT3

PERFORACIÓN N°04



Imagen N°07: Perforación SPT4

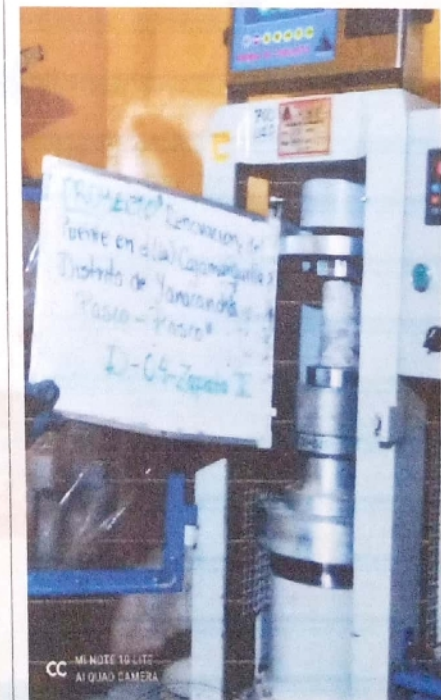


Imagen N°08. Perforación SPT4



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

MEDIANTE SU FIRMA
 Y MENCIONANDO EL N° DE LA
 CIP 16608
 DEL LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
 Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccc@gmail.com

ANEXO N°03: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz “II”, lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.ccic@gmail.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-041-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

| | | | |
|-------------------------------|--|------------|-----------|
| 1. Expediente | 0344 | | |
| 2. Solicitante | OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | | |
| 3. Dirección | PJ. AGUSTIN GAMARRA NRO. 114 URB. SAN JUAN - PASCO - PASCO - YANACANCHA. | | |
| 4. Instrumento calibrado | MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO) | | |
| Marca | PERUTEST | | |
| Modelo | PC-120 | | |
| N° de serie | 1105 | | |
| Identificación | 700-010 | | |
| Procedencia | Perú | | |
| Intervalo de indicación | 0 kgf a 100000 kgf | | |
| Resolución | 10 kgf | | |
| Clase de exactitud | No indica | | |
| Modo de fuerza | Compresion | | |
| Indicador Digital | | | |
| Marca | No indica | Serie | No indica |
| Modelo | No indica | Resolución | 10 kgf |
| Transductor de Presión | | | |
| Marca | No indica | Serie | No indica |
| Modelo | No indica | | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-05-16 | | |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

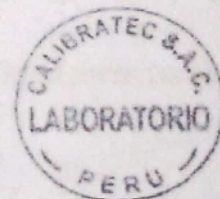
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-05-18



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/05/2023 09:23:10-0500



Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01



CERTIFICADO DE VERIFICACION N° PD - 108 - 2023

Expediente : TLPB-0000051023-0000280

Fecha de emisión : 9/10/2023

1.Solicitante : OCEDA J & G CORPORATION SAC

RUC : 20600166051

El equipo de medición con el modelo y número de serie indicados en el presente informe, ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de un re calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Terraservice Laboratorio Perú S.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

2.Instrumentos de medición : MÁQUINA PERFORADORA DE CONCRETO

Marca : RUMISTONE

Número de Serie : 202303024

Modelo : R-MD205

Revolución : 580 rpm

Voltaje : 220V

Potencia : 3900W

Profundidad de perforación : 205mm

3.Fecha y lugar de verificación

Fecha : 9/10/2023

Lugar : Jr. Andahuaylas N°477, San Martín de Porres - Lima

4.Método de verificación

La Verificación se realizó por medición directa de la frecuencia (en rpm) utilizando un Tacómetro digital patrón trazable.

5.Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado N° |
|--------------|--------------------------------|----------------|
| INACAL | TACÓMETRO ÓPTICO MARCA TENMARS | 28385 |

☎ 01 323 9468

☎ 938 385 323 / 950 721 511

📍 JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Gerzo Renato Roaiguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Ing. BI. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



6. Condiciones Ambientales

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 21.9 | 21.9 |
| Humedad relativa | 70% | 70% |

7. Resultados

| Posición del patrón (rpm) | Posición del equipo a calibrar (rpm) | Error (rpm) | Incertidumbre (rpm) |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------|
| 579.99 | 580.0 | -0.01 | 0.10 |
| 579.97 | 580.0 | -0.03 | 0.10 |
| 580.03 | 580.0 | 0.03 | 0.10 |
| 580.06 | 580.0 | 0.06 | 0.10 |
| 579.98 | 580.0 | -0.02 | 0.10 |

8. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación VERIFICADO.

9. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la verificación. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 091 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

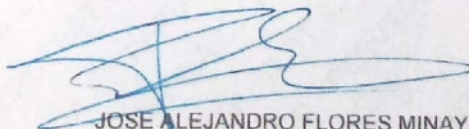
| | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. Expediente | 1223-2023 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | |
| 3. Dirección | PJ. AGUSTIN GAMARRA NRO. 114 URB. SAN JUAN - PASCO PASCO YANACANCHA | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Capacidad Máxima | 6200 g | |
| División de escala (d) | 0.1 g | |
| Div. de verificación (e) | 0.1 g | |
| Clase de exactitud | III | |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | NVT6201ZH | |
| Número de Serie | 8342157561 | |
| Capacidad mínima | 2.0 g | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | NO INDICA | |
| 5. Fecha de Calibración | 2023-04-15 | |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-04-15

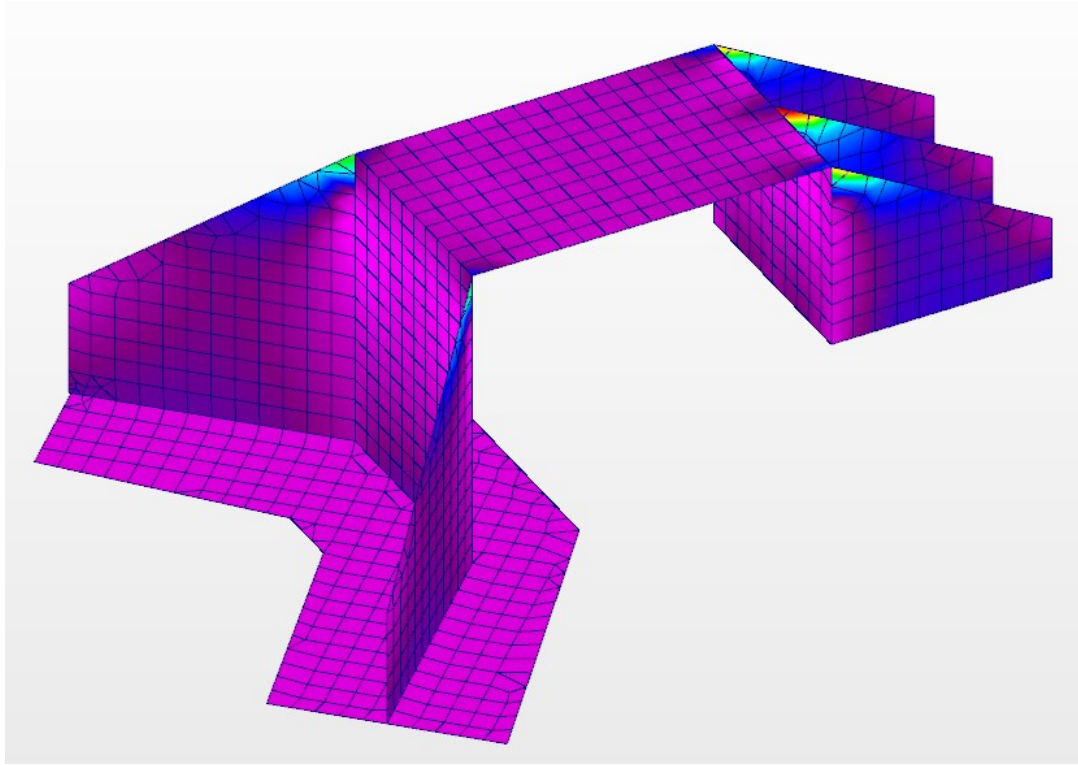


JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA






MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL



PROYECTO:


**"REFUERZO ESTRUCTURAL PARA LA DEMOLICIÓN PARCIAL DE
ESTRIBOS Y ZAPATAS OPTIMIZANDO LA RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE UN
PUENTE – CAJAMARQUILLA 2023"**

30 de Octubre de 2023

| | | |
|--|---|---------------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | Proyecto: “Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023” | N° : 00065 |
| | Estructura: P-C-R | Memoria de Calculo |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. DESCRIPCION GENERAL | 3 |
| 2. NORMATIVA EMPLEADA..... | 5 |
| 3. ACCIONES, COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCION DE RESISTENCIA..... | 5 |
| 4. EVALUACION DEL ESTRIBO DERECHO EXISTENTE..... | 8 |
| 5. DISEÑO DE REFORZAMIENTO DE ESTRIBO DERECHO..... | 18 |
| 6. DISEÑO DE ESTRIBO IZQUIERDO..... | 31 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 44 |

| | | |
|--|---|---------------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | Proyecto: “Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023” | N° : 00065 |
| | Estructura: P-C-R | Memoria de Calculo |

1. DESCRIPCION GENERAL

Actualmente, el puente se encuentra en un estado de pésima condición estructural. La predominante autoconstrucción e informalidad en la zona ha llevado a que los vecinos utilicen el estribo derecho como base de apoyo para la construcción de sus viviendas. Es importante destacar que existen viviendas en ambos lados de los aleros del estribo derecho. El puente en análisis presenta una longitud efectiva de 8.5 metros y un ancho total de 4.9 metros. Su tipología constructiva corresponde a un diseño de puente losa apoyado sobre estribos. Adicionalmente, se proyectan dos barandas en ambos extremos para brindar seguridad a los usuarios. El puente presenta condiciones estructurales críticas, especialmente en el estribo derecho, debido a la informalidad en la construcción de viviendas sobre este elemento. Se plantean estrategias que van desde la demolición hasta el reforzamiento, considerando la compleja situación de las viviendas existentes. Además, se ha realizado un rediseño del estribo izquierdo para garantizar su construcción conforme a los estándares establecidos y optimizar recursos. Estas acciones son fundamentales para asegurar la integridad y funcionalidad del puente, así como la seguridad de los habitantes y usuarios.



Figura 1. Vista panorámica de la realidad problemática.

Planteamiento:

El expediente técnico plantea la demolición del estribo derecho debido a su precario estado. Sin embargo, no se considero el estado real de campo y ahora el proyecto se enfrenta a una situación compleja, ya que la demolición de este estribo implicaría la destrucción de las viviendas construidas sobre él. Esta realidad situacional requiere un enfoque cuidadoso y meticuloso para garantizar la seguridad de los habitantes y la integridad del puente.



Reforzamiento del Estribo Derecho:

Dadas las difíciles condiciones de campo y la necesidad de preservar las viviendas construidas sobre el estribo derecho, se analiza la viabilidad de aplicar diversas técnicas de reforzamiento. Estas técnicas han sido previamente aprobadas y validadas en el sector de la construcción, lo que brinda confianza en su eficacia para mejorar la estabilidad y resistencia del estribo en cuestión.




Figura 2. Estribo derecho con vivienda construida sobre alero.



Figura 3. Estribo derecho con vivienda construida sobre alero.

Rediseño del Estribo Izquierdo:

El expediente técnico ha identificado una sobredimensión en el diseño del estribo izquierdo, lo cual imposibilita su construcción según los parámetros establecidos. Por lo tanto, se ha llevado a cabo un rediseño para corregir esta situación, asegurar que el estribo cumpla con los requisitos estructurales necesarios para el funcionamiento seguro del puente y optimizar los recursos.

| | | |
|---|---|---------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> | Proyecto: “Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023” | N° : 00065 |
| | Estructura: P-C-R | Memoria de Calculo |

2. NORMATIVA EMPLEADA

- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE)
 - E.060 "CONCRETO ARMADO"
 - E.050 "SUELOS Y CIMENTACIONES"
- DISEÑO DE PUENTES SEGUN AASTHO LRFD
- MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES - MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
- AASTHO LRFD Bridge Desing Specifications 7th ed 2014.
- AASTHO LRFD Bridge Construction Specifications.
- AASTHO Guide Specifications for LRFD Seismic Brigde Desing 2011.

3. ACCIONES, COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCION DE RESISTENCIA

3.1 DESCRIPCION DE LAS CARGAS CONSIDERADAS:

Peso propio de la estructura (DC): Incluye barandas y demás elementos permanentes.

Peso de cargas muertas (DW): Incluye únicamente el peso del pavimento

Acciones gravitatorias de uso, como la carga viva del trafico (LL)

Incremento de la carga de trafico por efectos dinámicos (IM)

Fuerza de frenado (BR)

Carga de impacto de vehículos (CT)

La cuantificación de estas cargas se describen detalladamente en los siguientes ítems según cada estribo.

3.2 COMBINACION DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCION DE RESISTENCIA:

3.2.1 COMBINACIONES DE CARGA

A continuación, se presentan los factores de mayoración de carga utilizados para cada estado limite:



| Load Combination | DC DD DW EH EV ES EL | LL IM CE BR PL LS | WA | WS | WL | FR | TU CR SH | TG | SE | Use One of These at a Time | | | | |
|------------------------------|--|----------------------------------|------|------|-----|------|----------------|---------------|---------------|----------------------------|------|------|------|--|
| | | | | | | | | | | EQ | IC | CT | CV | |
| Limit State | | | | | | | | | | | | | | |
| STRENGTH-I (unless noted) | γ_p | 1.75 | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| STRENGTH-II | γ_p | 1.35 | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| STRENGTH-III | γ_p | - | 1.00 | 1.40 | - | 1.00 | 0.50/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| STRENGTH-IV | γ_p | - | 1.00 | - | - | 1.00 | 0.50/ 1.20 | - | - | - | - | - | - | |
| STRENGTH-V | γ_p | 1.35 | 1.00 | 0.40 | 1.0 | 1.00 | 0.50/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| EXTREME EVENT-I | γ_p | γ_{EQ} | 1.00 | - | - | 1.00 | - | - | - | 1.00 | - | - | - | |
| EXTREME EVENT-II | γ_p | 0.50 | 1.00 | - | - | 1.00 | - | - | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| SERVICE-I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.30 | 1.0 | 1.00 | 1.00/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| SERVICE-II | 1.00 | 1.30 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00/ 1.20 | - | - | - | - | - | - | |
| SERVICE-III | 1.00 | 0.80 | 1.00 | - | - | 1.00 | 1.00/ 1.20 | γ_{TG} | γ_{SE} | - | - | - | - | |
| SERVICE-IV | 1.00 | - | 1.00 | 0.70 | - | 1.00 | 1.00/ 1.20 | - | 1.00 | - | - | - | - | |
| Fatigue – LL, IM & CE ONLY | - | 0.75 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |

Tabla 1. Combinaciones de carga y factores de mayoración de carga

| Type of Load | | Load Factor | |
|--|---|-------------|---------|
| | | Maximum | Minimum |
| <i>DC</i> : Component and Attachments | | 1.25 | 0.90 |
| <i>DC</i> : Strength IV only | | 1.50 | 0.90 |
| <i>DD</i> : Downdrag | Piles, α -Tomlinson Method | 1.40 | 0.25 |
| | Pile, λ -Method | 1.05 | 0.30 |
| | Drilled Shafts, O’Neill & Reese Method (1999) | 1.25 | 0.35 |
| <i>DW</i> : Wearing Surfaces and Utilities | | 1.50 | 0.65 |
| <i>EH</i> : Horizontal Earth Pressure | | | |

| | | |
|--|------|------|
| ➤ Active | 1.50 | 0.90 |
| ➤ At-Rest | 1.35 | 0.90 |
| <i>EL</i> : Locked-in Erection Stresses | 1.00 | 1.00 |
| <i>EV</i> : Vertical Earth Pressure | | |
| ➤ Overall Stability | 1.00 | N/A |
| ➤ Retaining Walls and Abutments | 1.35 | 1.00 |
| ➤ Rigid Buried Structure | 1.30 | 0.90 |
| ➤ Rigid Frames | 1.35 | 0.90 |
| ➤ Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts | 1.95 | 0.90 |
| ➤ Flexible Metal Box Culverts | 1.50 | 0.90 |
| <i>ES</i> : Earth Surcharge | 1.50 | 0.75 |

Tabla 2. Factores de mayoración para cargas permanentes.

| | | | |
|-----------|--|-----------|-------------------------------|
| CR | Flujo plástico | CV | Colisión barcos |
| DD | Fricción negativa (arrastre de suelo) | EQ | Sismo |
| DC | Peso estructura y elem. no estructurales | FR | Fricción |
| DW | Peso carpeta rodamiento e instalaciones | IC | Hielo |
| EH | Empuje horizontal suelo | IM | Incremento dinámico vehicular |
| EL | Fuerzas misceláneas de construcción | LL | Viva vehicular |
| ES | Sobrecarga suelo | LS | Sobrecarga viva |
| EV | Presión vertical de suelo | PL | Viva peatonal |
| PS | Fuerzas secundarias por pretensado | SE | Asentamiento |
| SH | Retracción | TG | Gradiente temperatura |
| BL | Explosión | TU | Temperatura uniforme |
| BR | Frenado vehicular | WA | Agua y presión de corriente |
| CE | Centrífuga vehicular | WL | Viento sobre carga viva |
| CT | Colisión vehicular | WS | Viento sobre estructura |

Tabla 3. Notación para casos de carga.

3.2.2 FACTORES DE REDUCCION DE RESISTENCIA


3.2.2.1 Coeficientes de seguridad para la resistencia.

A continuación, se especifican los coeficientes de seguridad adoptados para resistencia:

Flexión y tracción en concreto reforzado $\phi = 0.90$

Cortante y torsión en concreto de densidad normal $\phi = 0.90$

Apoyo en concreto $\phi = 0.70$

| | | |
|---|--|--------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | Proyecto: “Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023” | N° : |
| | Estructura: P-C-R | Memoria de Calculo |

- Compresión en modelos de bielas y tirantes $\phi = 0.70$
- Compresión en zonas de anclaje para concreto de densidad normal $\phi = 0.80$
- Tracción en el acero en zonas de anclaje $\phi = 1.00$

4. EVALUACION DEL ESTRIBO DERECHO EXISTENTE

4.1 MODELO COMPUTACIONAL

La edificación se analiza como un modelo pseudotridimensional con el software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (ARSAP). En el análisis se supondrá un comportamiento lineal y elástico. Los modelos se analizan considerando solo los elementos estructurales, sin embargo los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que estos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la estructura. Dichos elementos de concreto armado se representaron con elementos de tipo frame, shell y membrane. Seguido a esto se aplicaron todas las cargas y combinaciones de carga contempladas anteriormente, con el objetivo de obtener las solicitaciones sobre cada uno de los elementos estructurales. A continuación, se presenta el modelo pseudotridimensional computacional.

4.1.1 CARGAS ACTUANTES

$$P_{DC} := 11.53 \frac{\text{tonnef}}{m} \quad P_{LL1} := 8.745 \frac{\text{tonnef}}{m} \quad P_{DW} := 1.8 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$BR := 2 \frac{\text{tonnef}}{m} \quad \gamma_c := 2400 \frac{\text{kgf}}{m^3} \quad h_{BR} := 1.65 \text{ m}$$

4.1.2 PROPIEDADES DEL SUELO

Angulo de Fricción interna: $\phi_f := 33.3^\circ$ Angulo de Fricción entre el suelo y el muro: $\delta := 0^\circ$

Angulo del material del suelo con la horizontal: $\beta := 0^\circ$ Angulo de inclinación del muro del lado del terreno: $\theta := 90^\circ$

Capacidad Admisible: $q_{adm} := 2.00 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ Factor de seguridad: $FS := 3$

Peso especifico del suelo no cohesivo: $\gamma_t := 1800 \frac{\text{kgf}}{m^3}$

4.1.3 PARAMETROS SISMICOS

Coefficiente Sísmico de aceleración $PGA := 0.3$ Coeficiente de sitio: $F_{pga} := 1.2$



4.1.4 GEOMETRIA DEL ESTRIBO

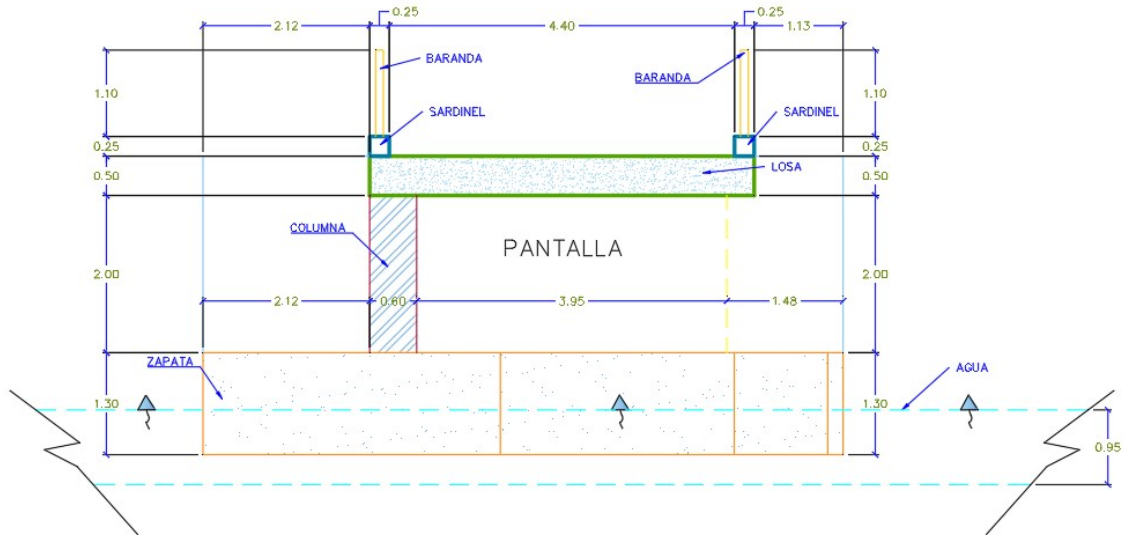


Figura 4. Dimensiones de estribo existente

4.1.5 PROPIEDADES MECANICAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

De acuerdo con el estudio de diamantina realizado en el estribo derecho del puente se obtiene el siguiente cuadro de resumen.

| N° | Identificación | Fecha de Extracción | Fecha de Rotura | Edad (días) | Peso (Kg) | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Relación (L/D) | Fuerza Maxima (Kg) | Esfuerzo (Kg/cm ²) |
|----|----------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|----------------|--------------------|--------------------------------|
| 1 | D-1 ZAPATA D | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0414 | 6.935 | 11.88 | 1.71 | 5960.00 | 154.1 |
| 2 | D-2 ZAPATA D | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.0459 | 6.934 | 12.04 | 1.74 | 5190.00 | 134.5 |
| 3 | D-3 ESTRIBO D | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 0.6856 | 6.943 | 7.76 | 1.12 | 2330.00 | 55.6 |
| 4 | D-4 ZAPATA I | 20/10/2023 | 25/10/2023 | 5 | 1.033 | 6.939 | 11.92 | 1.72 | 9130.00 | 235.9 |

Página 1



4.1.6 ANALISIS DE CASO 1: ESTRIBO CON PUENTE

CARGAS VERTICALES

CARGA DC (Peso propio del Estribo)

| Elemento | Volumen (m ³) | DC (Ton/m) | Xa (m) | Ya (m) | Xa*DC | Ya*DC |
|--------------|---------------------------|-------------|--------|--------|-------------|--------------|
| 1 | 0.06 | 0.14 | 0.750 | 5.050 | 0.11 | 0.73 |
| 2 | 0.08 | 0.19 | 0.450 | 4.850 | 0.09 | 0.93 |
| 3 | 0.0125 | 0.03 | 0.683 | 4.767 | 0.02 | 0.14 |
| 4 | 1.1625 | 2.79 | 0.475 | 2.475 | 1.33 | 6.91 |
| 5 | 0.0125 | 0.03 | 0.267 | 4.767 | 0.01 | 0.14 |
| 6 | 0.455 | 1.09 | 0.283 | 1.667 | 0.31 | 1.82 |
| 7 | 0.234 | 0.56 | 0.780 | 0.075 | 0.44 | 0.04 |
| TOTAL | | 4.84 | | | 2.30 | 10.71 |

Salida de datos:

$$DC = 4.84 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$X_{DC} = 0.474 \text{ m}$$

$$Y_{DC} = 2.213 \text{ m}$$

CARGA EV (Peso del Suelo)

| Elemento | Volumen (m ³) | EV (ton/m) | Xa (m) | Ya (m) | Xa*EV | Ya*EV |
|--------------|---------------------------|--------------|--------|--------|-------------|--------------|
| 8 | 3.586 | 6.454 | 1.205 | 2.675 | 7.777 | 17.264 |
| 9 | 0.013 | 0.023 | 0.767 | 4.733 | 0.017 | 0.107 |
| 10 | 1.138 | 2.048 | 0.725 | 2.425 | 1.484 | 4.965 |
| 11 | 0.302 | 0.544 | 0.259 | 1.383 | 0.141 | 0.752 |
| 12 | 0.278 | 0.500 | 0.075 | 1.075 | 0.037 | 0.537 |
| TOTAL | | 9.567 | | | 9.46 | 23.62 |

Salida de datos:

$$EV = 9.567 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$X_{EV} = 0.988 \text{ m}$$

$$Y_{EV} = 2.469 \text{ m}$$

CARGA LS (Sobrecarga por Carga Viva del Suelo)

$$LS_y = 0.767 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$X_{LSy} = 1.205 \text{ m}$$

RESUMEN DE CARGAS VERTICALES

| CARGA | TIPO | V (Ton/m) | X _A (m) | M _v (ton-m/m) |
|-----------------|-------|--------------|--------------------|--------------------------|
| DC | DC | 4.84 | 0.47 | 2.30 |
| P _{DC} | DC | 11.53 | 0.35 | 4.04 |
| P _{DW} | DW | 1.80 | 0.35 | 0.63 |
| EV | EV | 9.57 | 0.99 | 9.46 |
| PLL+I | LL+HM | 8.75 | 0.35 | 3.06 |
| LS _y | LS | 0.77 | 1.21 | 0.92 |
| TOTAL | | 37.25 | | 20.40 |



CARGAS HORIZONTALES

RESUMEN DE CARGAS HORIZONTALES

| CARGA | TIPO | H (Ton/m) | YA (m) | MH (ton-m/m) |
|--------------|------|--------------|--------|--------------|
| LSx | LS | 1.64 | 2.60 | 4.25 |
| EH | EH | 7.09 | 1.73 | 12.28 |
| EQterr | EQ | 2.78 | 2.60 | 7.23 |
| 0.5PIR | EQ | 1.30 | 2.38 | 3.09 |
| PEQ | EQ | 4.80 | 5.05 | 24.23 |
| BR | BR | 2.00 | 6.85 | 13.70 |
| TOTAL | | 19.60 | | 64.79 |

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ_{DC} | γ_{dw} | γ_{EV} | γ_{LL+IM} | γ_{LSy} | γ_{LSx} | γ_{EH} | γ_{EQ} | γ_{BR} |
|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Resistencia Ia | 0.90 | 0.65 | 1.00 | - | - | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Resistencia Ib | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Ev. Extremo I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 0.50 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | 1.00 |

CARGAS VERTICALES (Vu)

| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | TOTALES |
|--------------------|------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|----------------------|
| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _y | V _u (Ton) |
| V (Ton) = | 4.84 | 11.53 | 1.80 | 9.57 | 8.75 | 0.77 | 37.25 |
| $\gamma = 0.90$ | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 4.36 | 10.38 | 1.17 | 9.57 | 0.00 | 0.00 | 25.47 |
| $\gamma = 1.25$ | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 6.05 | 14.41 | 2.70 | 12.92 | 15.30 | 1.34 | 52.72 |
| $\gamma = 1.00$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 4.84 | 11.53 | 1.80 | 9.57 | 4.37 | 0.38 | 32.49 |
| $\gamma = 1.00$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 4.84 | 11.53 | 1.80 | 9.57 | 8.75 | 0.77 | 37.25 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (M_{vt})

| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | TOTALES |
|--------------------|------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _y | I _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) | 2.30 | 4.04 | 0.63 | 9.46 | 3.06 | 0.92 | 20.40 |
| $\gamma = 0.90$ | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 2.07 | 3.63 | 0.41 | 9.46 | 0.00 | 0.00 | 15.56 |
| $\gamma = 1.25$ | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 2.87 | 5.04 | 0.95 | 12.77 | 5.36 | 1.62 | 28.60 |
| $\gamma = 1.00$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |



| | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 2.30 | 4.04 | 0.63 | 9.46 | 1.53 | 0.46 | 18.41 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 2.30 | 4.04 | 0.63 | 9.46 | 3.06 | 0.92 | 20.40 |

CARGAS HORIZONTALES (Hu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | TOTALES |
|-------------|------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|------|----------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.64 | 7.09 | 2.78 | 1.30 | 4.80 | 2.00 | 19.60 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 2.86 | 10.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 16.99 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 2.86 | 10.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 16.99 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 0.82 | 7.09 | 2.78 | 1.30 | 4.80 | 1.00 | 17.78 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 1.64 | 7.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 10.72 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (MHU)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | TOTALES |
|-------------|------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|-------|------------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | I _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) | 4.25 | 12.28 | 7.23 | 3.09 | 24.23 | 13.70 | 64.79 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 7.44 | 18.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.98 | 49.84 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 7.44 | 18.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.98 | 49.84 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 2.13 | 12.28 | 7.23 | 3.09 | 24.23 | 6.85 | 55.81 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |

CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

La fuerzas actúan sobre un estribo en gravedad, con base en la suposición de que la presión active de Rankine actúa a lo largo de un punto vertical dibujado por el talón. PP es la presión pasiva de Rankine.

El factor de seguridad contra volteo respecto a la punta, es decir, respecto al punto A en la figura 05, se expresa como:

$$FS \text{ (VOLTEO)} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

Donde:

$\sum M_R$ = Suma de momentos de las fuerzas que tienden a voltear al muro con respecto al punto A

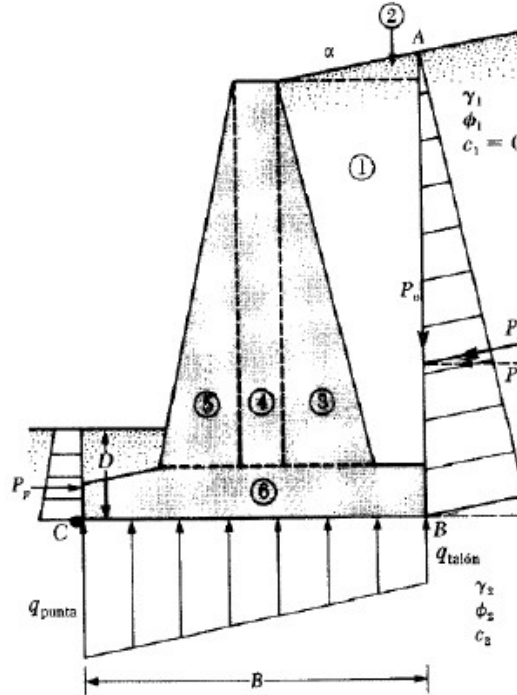
$\sum M_O$ = Suma de momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo con respecto al punto A



El momento de volteo es:

$$\sum M_o = P_h \left(\frac{H}{3} \right)$$

$$FS (\text{VOLTEO}) = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_V}{P_a \cos \alpha (H'/3)}$$



| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e_{max} | OBS |
|----------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-----------|---------|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 25.47 | 15.56 | 49.84 | -1.35 | 2.13 | 0.52 | Revisar |
| Resistencia Ib | 52.72 | 28.60 | 49.84 | -0.40 | 1.18 | 0.52 | Revisar |
| Evento Extrem | 32.49 | 18.41 | 55.81 | -1.15 | 1.93 | 0.57 | Revisar |

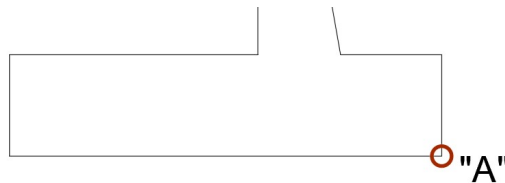


Figura 5. Volteo respecto a la punta

b) Deslizamiento en base del estribo

Coefficiente de Fricción (Art.10.6.3.3): $u := \tan(\phi_f) = 0.657$

Coefficiente de estado limite de resistencia y evento extremo: $\phi_T := 1$

El factor de seguridad por deslizamiento se expresa por la ecuación:

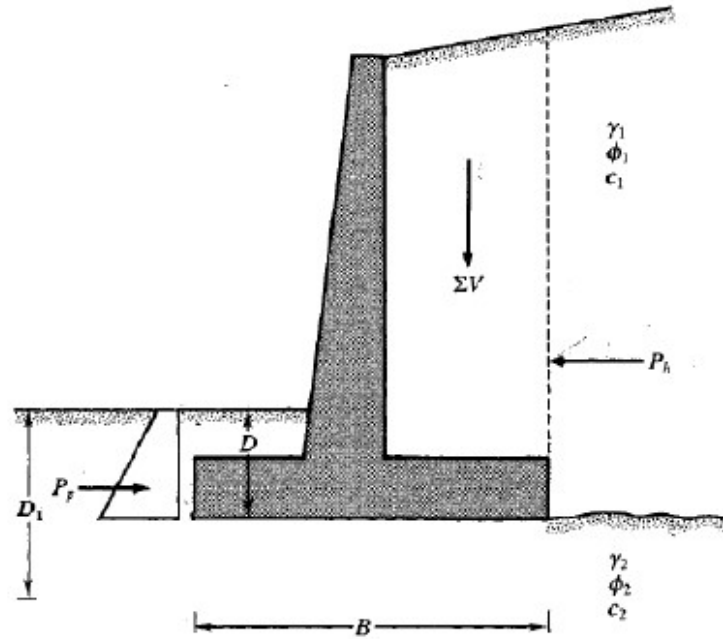


$$FS_{(DESLIZAMIENTO)} = \frac{\sum F_R}{\sum F_d}$$

Donde

$\sum F_R$ = suma de las fuerzas horizontales resistentes

$\sum F_d$ = suma de las fuerzas horizontales de empuje.



| Estados | V_U | RESISTENCIA $F_f = \mu(\varphi_T V_U)$ | ACTUANT E H_U | $F_f > H_u$ |
|----------------|-------|---|--------------------|-------------|
| | Ton/m | Ton/m | Ton/m | |
| Resistencia Ia | 25.47 | 16.73 | 16.99 | REDISEÑAR |
| Resistencia Ib | 52.72 | 34.63 | 16.99 | CUMPLE |
| Evento Extrem | 32.49 | 21.34 | 17.78 | CUMPLE |

c) Presiones actuantes en la base del estribo

Capacidad de Carga factorada del terreno

1) Estado límite de Resistencia (Tabla 11.5.7-1)

Resistencia al Rodamiento: $\theta_b := 0.55$

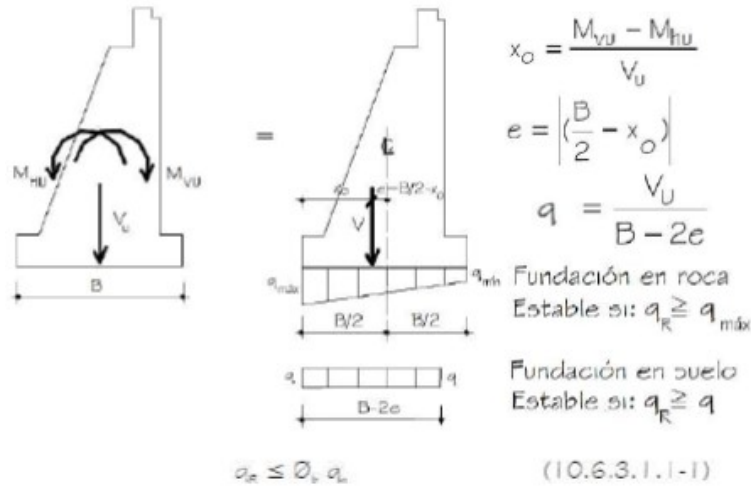
(Art.10.6.3.1.1-1)

$$q_R := \theta_b \cdot FS \cdot q_{adm} = 3.3 \frac{kgf}{cm^2}$$

2) Estado límite de Evento Extremo (Art 11.5.8): $\theta_{EE} := 1$

$$q_{EE} := \theta_{EE} \cdot FS \cdot q_{adm} = 6 \frac{kgf}{cm^2}$$

3) Estado límite de Servicio $q_{adm} = 2 \frac{kgf}{cm^2}$



Donde:

q_u = q_u = capacidad portante última no factorada para el estado límite apropiado
 ϕ_c = factor de resistencia (Tabla 1(5.2.2-1 y Art. 11.6.5)

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_0 = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_0$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ | q_R | OBS |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| Resistencia Ia | 25.47 | 15.56 | 49.84 | -1.35 | 2.13 | -0.95 | 3.30 | OK |
| Resistencia Ib | 52.72 | 28.60 | 49.84 | -0.40 | 1.18 | -6.54 | 3.30 | OK |
| Evento Extremo I | 32.49 | 18.41 | 55.81 | -1.15 | 1.93 | -1.41 | 6.00 | OK |
| Servicio I | 37.25 | 20.40 | 30.23 | -0.26 | 1.04 | -7.06 | 2.00 | OK |

4.1.7 ANALISIS DE CASO 2: ESTRIBO SIN PUENTE

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ_{DC} | γ_{EV} | γ_{LSy} | γ_{LSx} | γ_{EH} | γ_{EQ} |
|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Resistencia I | 0.90 | 1.00 | - | 1.75 | 1.50 | - |
| Resistencia II | 1.25 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - |
| Ev. Extremo | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

CARGAS VERTICALES (V_u)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|----------------|------|-------|-----------------|--------------|
| CARGA | DC | EV | LS _y | V_u (Ton) |
| V (Ton) = | 4.84 | 9.57 | 0.77 | 15.17 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 4.36 | 9.57 | 0.00 | 13.92 |
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia II | 6.05 | 12.92 | 1.34 | 20.31 |



| | | | | |
|--------------------|------|------|------|--------------|
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 4.84 | 9.57 | 0.38 | 14.79 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 4.84 | 9.57 | 0.77 | 15.17 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (Mvu)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|-----------------------|------|-------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | EV | LS _v | M _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) = | 2.30 | 9.46 | 0.92 | 12.68 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 2.07 | 9.46 | 0.00 | 11.52 |
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia II | 2.87 | 12.77 | 1.62 | 17.25 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 2.30 | 9.46 | 0.46 | 12.21 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 2.30 | 9.46 | 0.92 | 12.68 |

CARGAS HORIZONTALES (Hu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|-----------------------|-----------------|-------|--------------------|--------------------|----------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.64 | 7.09 | 2.78 | 1.30 | 12.80 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 2.86 | 10.63 | 0.00 | 0.00 | 13.49 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia II | 2.86 | 10.63 | 0.00 | 0.00 | 13.49 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 0.82 | 7.09 | 2.78 | 1.30 | 11.98 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Servicio I | 1.64 | 7.09 | 0.00 | 0.00 | 8.72 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (Mhu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|-----------------------|-----------------|-------|--------------------|--------------------|------------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | M _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) = | 4.25 | 12.28 | 7.23 | 3.09 | 26.86 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 7.44 | 18.42 | 0.00 | 0.00 | 25.86 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia II | 7.44 | 18.42 | 0.00 | 0.00 | 25.86 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 2.13 | 12.28 | 7.23 | 3.09 | 24.73 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |

CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e_{max} | OBS |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-----------|---------|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 13.92 | 11.52 | 25.86 | -1.03 | 1.81 | 0.52 | Revisar |
| Resistencia Ib | 20.31 | 17.25 | 25.86 | -0.42 | 1.20 | 0.52 | Revisar |
| Evento Extremo I | 14.79 | 12.21 | 24.73 | -0.85 | 1.63 | 0.57 | Revisar |

b) Deslizamiento en base del estribo

| Estados | V_U | RESISTENCIA $F_f = \mu(\varphi_T V_U)$ | ACTUANTE H_U | $F_f > H_U$ |
|------------------|-------|---|-------------------|-------------|
| | Ton/m | Ton/m | Ton/m | |
| Resistencia Ia | 13.92 | 9.15 | 13.49 | REDISEÑAR |
| Resistencia Ib | 20.31 | 13.34 | 13.49 | REDISEÑAR |
| Evento Extremo I | 14.79 | 9.72 | 11.98 | REDISEÑAR |

AÑADIR UN DENTELLON DE CONCRETO REFORZADO EN LA BASE DEL ESTRIBO SOLO SI SE INDICA REDISEÑAR

Dimensión del dentellón de Concreto Reforzado

$$h_{die} := 40 \text{ cm}$$

$$b_{die} := 40 \text{ cm}$$

$$\text{Verif} := \text{if}(R_R > H_{SP,RIa}, \text{"Cumple"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Verif} = \text{"Revisar"}$$

c) Presiones actuantes en la base del estribo

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ | q_R | OBS |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| Resistencia Ia | 13.92 | 11.52 | 25.86 | -1.03 | 1.81 | -0.68 | 3.30 | OK |
| Resistencia Ib | 20.31 | 17.25 | 25.86 | -0.42 | 1.20 | -2.40 | 3.30 | OK |
| Evento Extremo I | 14.79 | 12.21 | 24.73 | -0.85 | 1.63 | -0.87 | 6.00 | OK |
| Servicio I | 15.17 | 12.68 | 16.53 | -0.25 | 1.03 | -2.99 | 2.00 | OK |

En el análisis realizado al estribo derecho del Puente Cajamarquilla, se han identificado varias deficiencias en las verificaciones correspondientes para dos casos: el "Caso 1: Estribo con Puente" y el "Caso 2: Estribo sin Puente". A continuación, se presentan las conclusiones procedentes de este análisis:

Caso 1: Estribo con Puente:

Verificación por Vuelco alrededor del punto A: En este caso, se ha determinado que ninguna de las comprobaciones (Resistencia Ia, Resistencia Ib y Evento Extremo) cumple con las solicitaciones internas. Esto indica un problema significativo en cuanto a la estabilidad del estribo en condiciones de vuelco.



Verificación por Deslizamiento ($F_f > H_u$): Se ha encontrado que el estribo no cumple con las comprobaciones de deslizamiento en la Resistencia Ia. Es necesario rediseñar el estribo para garantizar que cumpla con esta condición.

Verificación de Presiones Actuantes en la Base del Estribo: En este aspecto, se ha determinado que se cumplen con las comprobaciones de presiones actuantes en la base del estribo. Esto sugiere que la capacidad del estribo para resistir las cargas verticales es adecuada.

Caso 2: Estribo sin Puente:

Verificación por Vuelco: Similar al "Caso 1", se ha demostrado que ninguna de las comprobaciones de vuelco cumple en este caso. Esto indica la necesidad de revisar y posiblemente rediseñar el estribo para mejorar su estabilidad en condiciones de vuelco.

Verificación por Deslizamiento ($F_f > H_u$): Nuevamente, se ha encontrado que el estribo no cumple con ninguna de las comprobaciones de deslizamiento. Se requiere un rediseño del estribo para garantizar que cumpla con estas condiciones.

Verificación de Presiones Actuantes en la Base del Estribo: En contraste con las comprobaciones de vuelco y deslizamiento, se ha determinado que se cumplen con todas las comprobaciones relacionadas con las presiones actuantes en la base del estribo. Esto sugiere que el estribo es capaz de resistir las cargas verticales en esta configuración.

En resumen, tanto en el "Caso 1: Estribo con Puente" como en el "Caso 2: Estribo sin Puente", se han identificado deficiencias críticas en las verificaciones de vuelco y deslizamiento. Se recomienda un rediseño del estribo para abordar estas deficiencias y garantizar la seguridad y estabilidad del puente. Sin embargo, se ha demostrado que el estribo es capaz de resistir las presiones actuantes en la base en ambas configuraciones, lo que es un aspecto positivo en términos de la capacidad de carga vertical del estribo.

5. DISEÑO DE REFORZAMIENTO DE ESTRIBO DERECHO

A) DATOS DE DISEÑO

Cargas provenientes de Superestructura

$$\text{Carga Muerta: } P_{DC} := 12.36 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga de Frenado: } BR := 2 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga Viva: } P_{LLI} := 10.236 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga Asfalto: } P_{DW} := 1.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso específico del Concreto: } \gamma_c := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Altura de aplicación: } h_{BR} := 1.65 \text{ m}$$



PROPIEDADES DEL SUELO

Angulo de Fricción interna: $\phi_f := 33.3^\circ$

Angulo de Fricción entre el suelo y el muro: $\delta := 0^\circ$

Angulo del material del suelo con la horizontal: $\beta := 0^\circ$

Angulo de inclinación del muro del lado del terreno: $\theta := 90^\circ$

Capacidad Admisible: $q_{adm} := 2.00 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Factor de seguridad: $FS := 3$

Peso especifico del suelo no cohesivo: $\gamma_t := 1800 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

PARÁMETROS SÍSMICOS

Coefficiente Sísmico de aceleración $PGA := 0.3$

Coefficiente de sitio: $F_{pga} := 1.2$

B) DIMENSIONES PRELIMINARES

Esquema 1

Base del Parapeto: $b_{par} := 0.25 \text{ m}$ Altura del Parapeto: $h_{par} := 0.65 \text{ m}$

$e_1 := 0.2 \text{ m}$

$e_2 := 0.3 \text{ m}$

$t_1 := 0.30 \text{ m}$

$t_2 := 0.35 \text{ m}$

Altura de relleno sobre el talón: $H := 3.8 \text{ m}$

Altura de relleno sobre la punta: $h := 2 \text{ m}$

Ancho del cimientto: $B_1 := 0.5 \cdot H = 1.9 \text{ m}$

$B_2 := \frac{2}{3} \cdot H = 2.53 \text{ m}$

$B := 3.0 \text{ m}$

Altura del cimientto: $D := 0.1 \cdot H = 0.38 \text{ m}$

$D := 1.45 \text{ m}$

Espesor menor de Pantalla: $t_{sup} := \frac{H}{24} = 0.16 \text{ m}$

$t_{sup} := 0.75 \text{ m}$

Espesor mayor de Pantalla: $t_{inf} := 0.1 \cdot H = 0.38 \text{ m}$

$t_{inf} := 0.75 \text{ m}$

Longitud de Punta: $L_{punta} := \frac{B}{3} = 1 \text{ m}$

$L_{punta} := 0.85 \text{ m}$

Longitud de Talón $L_{talon} := B - L_{punta} - t_{inf} = 1.4 \text{ m}$

Longitud mínima de cajuela " N_{min} " (4.7.4.4-1)

Longitud de la Plataforma del Puente: $L := 8.5 \text{ m}$

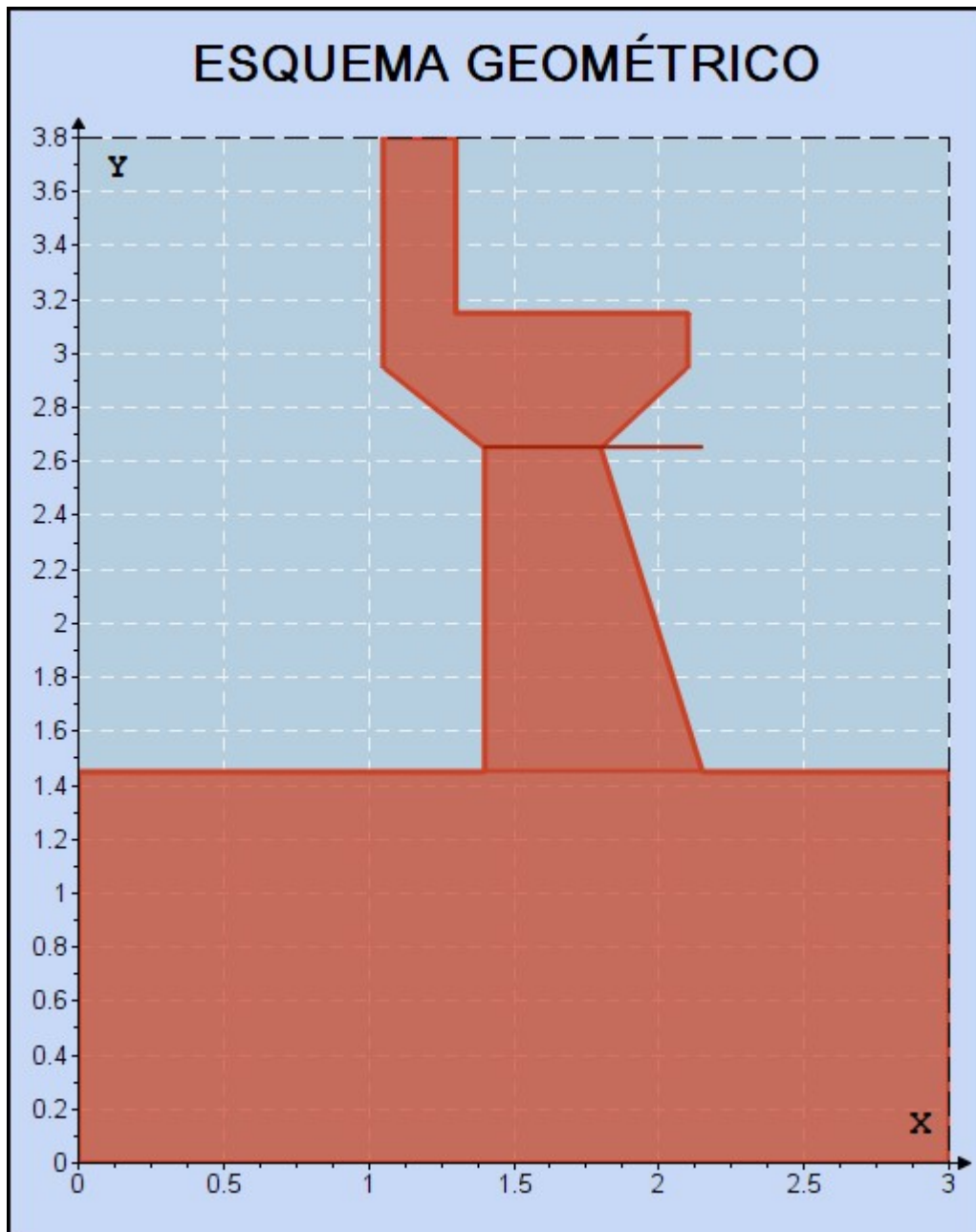
Altura Media del Pilar Intermedio: $H' := 0 \text{ mm}$

Desviación del Apoyo $Ang := \text{atan} \left(\frac{t_{inf} - t_{sup}}{H - h_{par} - e_1 - e_2 - D} \right) \cdot \left(\frac{180}{\pi} \text{ deg} \right) = 0^\circ$

$S := 10.01^\circ$

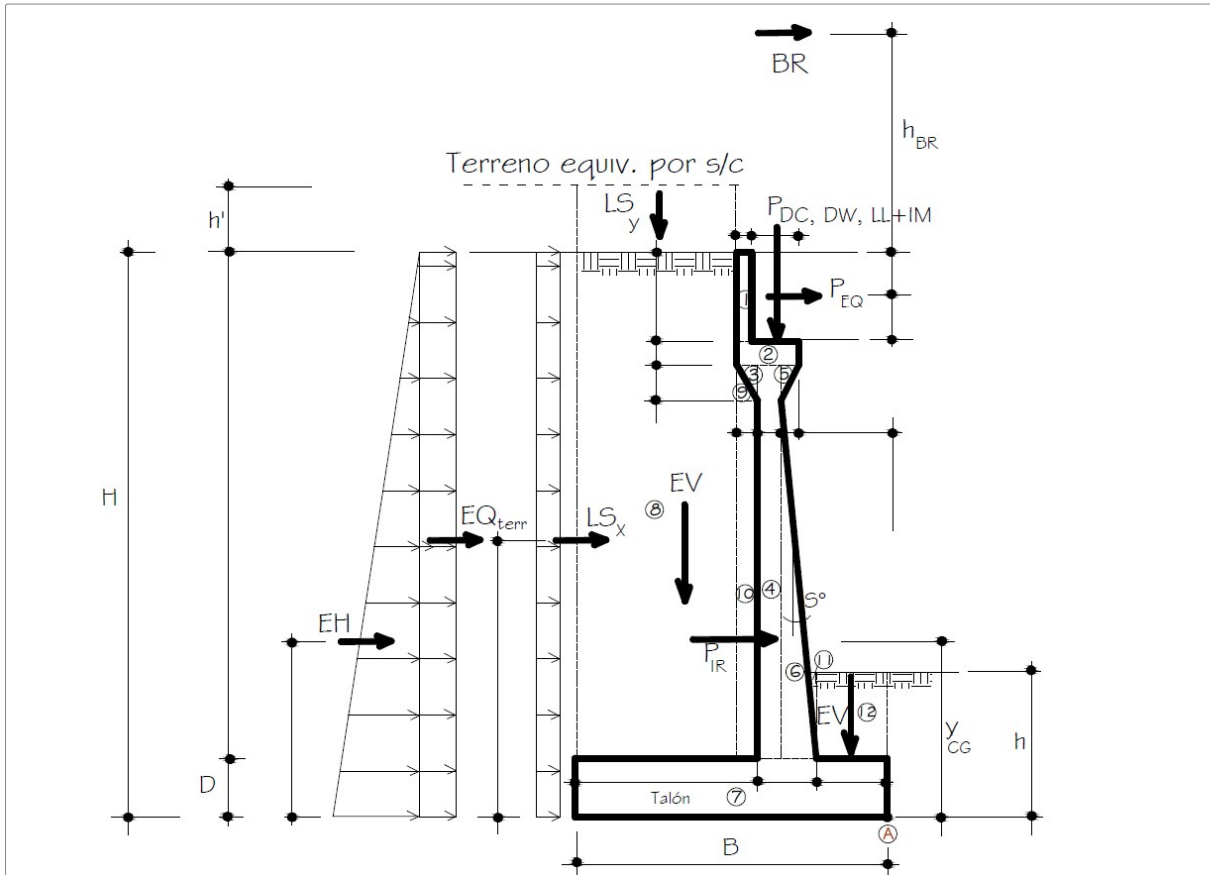
$N_{min} := (200 \text{ mm} + 0.0017 \cdot L + 0.0067 \cdot H') \cdot (1 + 0.000125 \cdot S^2) = 0.21 \text{ m}$

$N := 0.8 \text{ m}$





CASO 1: ESTRIBO CON PUENTE



CARGAS VERTICALES

CARGA DC (Peso propio del Estribo)

| Elemento | Volumen (m ³) | DC (Ton/m) | X _a (m) | Y _a (m) | X _a *DC | Y _a *DC |
|--------------|---------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 0.1625 | 0.39 | 1.825 | 3.475 | 0.71 | 1.36 |
| 2 | 0.21 | 0.50 | 1.425 | 3.050 | 0.72 | 1.54 |
| 3 | 0.0525 | 0.13 | 1.717 | 2.850 | 0.22 | 0.36 |
| 4 | 1.125 | 2.70 | 1.225 | 2.200 | 3.31 | 5.94 |
| 5 | 0.045 | 0.11 | 0.750 | 2.850 | 0.08 | 0.31 |
| 6 | 0 | - | 0.850 | 1.850 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 4.35 | 10.44 | 1.500 | 0.725 | 15.66 | 7.57 |
| TOTAL | | 14.27 | | | 20.69 | 17.07 |

Salida de datos:

$$DC = 14.268 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$X_{DC} = 1.45 \text{ m}$$

$$Y_{DC} = 1.196 \text{ m}$$

CARGA EV (Peso del Suelo)

| Elemento | Volumen (m ³) | EV (ton/m) | X _a (m) | Y _a (m) | X _a *EV | Y _a *EV |
|----------|---------------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 8 | 2.468 | 4.442 | 2.475 | 2.625 | 10.993 | 11.659 |
| 9 | 0.053 | 0.095 | 1.833 | 2.750 | 0.173 | 0.260 |
| 10 | 0.420 | 0.756 | 1.775 | 2.050 | 1.342 | 1.550 |
| 11 | 0.027 | 0.048 | 0.882 | 1.817 | 0.042 | 0.087 |



| | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|-------|-------|--------------|--------------|
| 12 | 0.468 | 0.842 | 0.425 | 1.725 | 0.358 | 1.452 |
| TOTAL | | 6.182 | | | 12.91 | 15.01 |

Salida de datos:

$$EV = 6.182 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$X_{EV} = 2.088 \text{ m}$$

$$Y_{EV} = 2.428 \text{ m}$$

CARGA LS (Sobrecarga por Carga Viva del Suelo)

$$LS_y = 1.134 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$X_{LSy} = 2.475 \text{ m}$$

RESUMEN DE CARGAS VERTICALES

| CARGA | TIPO | V (Ton/m) | X ^A (m) | M _v (ton-m/m) |
|-----------------|-------|--------------|--------------------|--------------------------|
| DC | DC | 14.27 | 1.45 | 20.69 |
| P _{DC} | DC | 12.36 | 1.30 | 16.07 |
| P _{DW} | DW | 1.80 | 1.30 | 2.34 |
| EV | EV | 6.18 | 2.09 | 12.91 |
| PLL-I | LL+IM | 10.24 | 1.30 | 13.31 |
| LS _y | LS | 1.13 | 2.48 | 2.81 |
| TOTAL | | 45.98 | | 68.12 |

CARGAS HORIZONTALES

RESUMEN DE CARGAS HORIZONTALES

| CARGA | TIPO | H (Ton/m) | Y ^A (m) | M _H (ton-m/m) |
|--------------------|------|--------------|--------------------|--------------------------|
| LS _x | LS | 1.19 | 1.90 | 2.27 |
| EH | EH | 3.78 | 1.27 | 4.79 |
| EQ _{terr} | EQ | 1.49 | 1.90 | 2.82 |
| 0.5PIR | EQ | 1.84 | 1.57 | 2.89 |
| PEQ | EQ | 5.10 | 3.48 | 17.71 |
| BR | BR | 2.00 | 5.45 | 10.90 |
| TOTAL | | 15.40 | | 41.39 |

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ _{DC} | γ _{dw} | γ _{EV} | γ _{LL+IM} | γ _{LSy} | γ _{LSx} | γ _{EH} | γ _{EQ} | γ _{BR} |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Resistencia Ia | 0.90 | 0.65 | 1.00 | - | - | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Resistencia Ib | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Ev. Extremo I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 0.50 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | 1.00 |

CARGAS VERTICALES (V_u)



| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | OTALES |
|--------------------|-------|-----------------|-----------------|------|--------------------|-----------------|----------------------|
| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _y | V _u (Ton) |
| V (Ton) = | 14.27 | 12.36 | 1.80 | 6.18 | 10.24 | 1.13 | 45.98 |
| γ = | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 12.84 | 11.12 | 1.17 | 6.18 | 0.00 | 0.00 | 31.32 |
| γ = | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 17.84 | 15.45 | 2.70 | 8.35 | 17.91 | 1.98 | 64.23 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 14.27 | 12.36 | 1.80 | 6.18 | 5.12 | 0.57 | 40.29 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 14.27 | 12.36 | 1.80 | 6.18 | 10.24 | 1.13 | 45.98 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (M_{Vt})

| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | OTALES |
|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _y | I _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) | 20.69 | 16.07 | 2.34 | 12.91 | 13.31 | 2.81 | 68.12 |
| γ = | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 18.63 | 14.46 | 1.52 | 12.91 | 0.00 | 0.00 | 47.52 |
| γ = | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 25.87 | 20.09 | 3.51 | 17.43 | 23.29 | 4.91 | 95.09 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 20.69 | 16.07 | 2.34 | 12.91 | 6.65 | 1.40 | 60.07 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 20.69 | 16.07 | 2.34 | 12.91 | 13.31 | 2.81 | 68.12 |

CARGAS HORIZONTALES (H_u)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | OTALES |
|--------------------|-----------------|------|--------------------|--------------------|-----------------|------|----------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.19 | 3.78 | 1.49 | 1.84 | 5.10 | 2.00 | 15.40 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 2.09 | 5.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 11.27 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 2.09 | 5.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 11.27 |
| γ = | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 0.60 | 3.78 | 1.49 | 1.84 | 5.10 | 1.00 | 13.80 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 1.19 | 3.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 6.98 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (M_{HU})

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | OTALES |
|--------------------|-----------------|------|--------------------|--------------------|-----------------|-------|------------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | I _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) | 2.27 | 4.79 | 2.82 | 2.89 | 17.71 | 10.90 | 41.39 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 3.97 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.08 | 30.24 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 3.97 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.08 | 30.24 |



| | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|--------------|
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 1.14 | 4.79 | 2.82 | 2.89 | 17.71 | 5.45 | 34.80 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 2.27 | 4.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.90 | 17.96 |

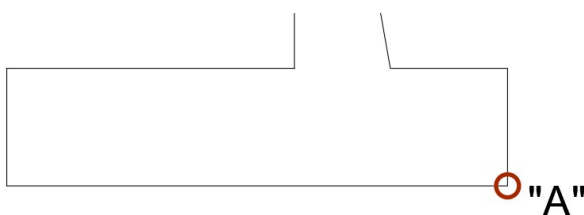
CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

Esquema 3

Estado limite de Resistencia (Art. 11.6.3.3) $e_{maxRI} := \frac{B}{3} = 1 \text{ m}$

Estado limite de Evento Extremo (Art. 11.6.5.1) $e_{maxEE} := \frac{11}{30} \cdot B = 1.1 \text{ m}$



| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e_{max} | OBS |
|-----------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-----------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 31.32 | 47.52 | 30.24 | 0.55 | 0.95 | 1.00 | OK |
| Resistencia Ib | 64.23 | 95.09 | 30.24 | 1.01 | 0.49 | 1.00 | OK |
| Evento Extrem | 40.29 | 60.07 | 34.80 | 0.63 | 0.87 | 1.10 | OK |

b) Deslizamiento en base del estribo

Coefficiente de Fricción (Art.10.6.3.3): $u := \tan(\phi_f) = 0.657$

Coefficiente de estado limite de resistencia y evento extremo: $\phi_T := 1$

| Estados | V_U | RESISTENCIA $F_f = \mu(\phi_T V_U)$ | ACTUANTE H_U | $F_f > H_u$ |
|-----------------------|-------|--|-------------------|-------------|
| | Ton/m | Ton/m | Ton/m | |
| Resistencia Ia | 31.32 | 20.57 | 11.27 | CUMPLE |
| Resistencia Ib | 64.23 | 42.19 | 11.27 | CUMPLE |
| Evento Extrem | 40.29 | 26.47 | 13.80 | CUMPLE |

c) Presiones actuantes en la base del estribo

Capacidad de Carga factorada del terreno

1) Estado limite de Resistencia (Tabla 11.5.7-1)

Resistencia al Rodamiento: $\theta_b := 0.55$

(Art.10.6.3.1.1-1) $q_R := \theta_b \cdot FS \cdot q_{adm} = 3.3 \frac{kgf}{cm^2}$



2) Estado límite de Evento Extremo (Art 11.5.8): $\theta_{EE} := 1$

$$q_{EE} := \theta_{EE} \cdot FS \cdot q_{adm} = 6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

3) Estado límite de Servicio $q_{adm} = 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² |
| Resistencia Ia | 31.32 | 47.52 | 30.24 | 0.55 | 0.95 | 2.84 |
| Resistencia Ib | 64.23 | 95.09 | 30.24 | 1.01 | 0.49 | 3.18 |
| Evento Extremo I | 40.29 | 60.07 | 34.80 | 0.63 | 0.87 | 3.21 |
| Servicio I | 45.98 | 68.12 | 17.96 | 1.09 | 0.41 | 2.11 |

CASO 2: ESTRIBO SIN PUENTE

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ_{DC} | γ_{EV} | γ_{LSy} | γ_{LSx} | γ_{EH} | γ_{EQ} |
|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Resistencia I | 0.90 | 1.00 | - | 1.75 | 1.50 | - |
| Resistencia II | 1.25 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - |
| Ev. Extremo | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

CARGAS VERTICALES (Vu)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|----------------|-------|------|-----------------|----------------------|
| CARGA | DC | EV | LS _y | V _u (Ton) |
| V (Ton) = | 14.27 | 6.18 | 1.13 | 21.58 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 12.84 | 6.18 | 0.00 | 19.02 |
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia II | 17.84 | 8.35 | 1.98 | 28.16 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 14.27 | 6.18 | 0.57 | 21.02 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 14.27 | 6.18 | 1.13 | 21.58 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (Mvu)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|---------------|-------|-------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | EV | LS _y | M _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) = | 20.69 | 12.91 | 2.81 | 36.41 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 18.63 | 12.91 | 0.00 | 31.53 |



| | | | | |
|----------------------|-------|-------|------|--------------|
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia I | 25.87 | 17.43 | 4.91 | 48.21 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 20.69 | 12.91 | 1.40 | 35.01 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 20.69 | 12.91 | 2.81 | 36.41 |

CARGAS HORIZONTALES (Hu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|-----------------------|------|------|--------------------|--------------------|----------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.19 | 3.78 | 1.49 | 1.84 | 8.30 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 2.09 | 5.68 | 0.00 | 0.00 | 7.77 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia II | 2.09 | 5.68 | 0.00 | 0.00 | 7.77 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 0.60 | 3.78 | 1.49 | 1.84 | 7.71 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Servicio I | 1.19 | 3.78 | 0.00 | 0.00 | 4.98 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (Mhu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|-----------------------|------|------|--------------------|--------------------|------------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | M _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) = | 2.27 | 4.79 | 2.82 | 2.89 | 12.77 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 3.97 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 11.16 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia II | 3.97 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 11.16 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 1.14 | 4.79 | 2.82 | 2.89 | 11.64 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |

CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

| Estados | V _U | M _{VU} | M _{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e _{max} | OBS |
|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 19.02 | 31.53 | 11.16 | 1.07 | 0.43 | 1.00 | OK |
| Resistencia Ib | 28.16 | 48.21 | 11.16 | 1.32 | 0.18 | 1.00 | OK |
| Evento Extremo I | 21.02 | 35.01 | 11.64 | 1.11 | 0.39 | 1.10 | OK |

b) Deslizamiento en base del estribo

| Estados | V_U | RESISTENCIA | ACTUANTE | $F_f > H_u$ |
|----------------|-------|-------------------------|----------|-------------|
| | Ton/m | $F_f = \mu(\phi_T V_U)$ | H_U | |
| Resistencia Ia | 19.02 | 12.50 | 7.77 | CUMPLE |
| Resistencia Ib | 28.16 | 18.50 | 7.77 | CUMPLE |
| Evento Extrem | 21.02 | 13.81 | 7.71 | CUMPLE |

AÑADIR UN DENTELLON DE CONCRETO REFORZADO EN LA BASE DEL ESTRIBO SOLO SI SE INDICA REDISEÑAR

Dimensión del dentellón de Concreto Reforzado $h_{die} := 40 \text{ cm}$

$b_{die} := 40 \text{ cm}$

Coefficiente de Empuje Pasivo: $k_p := \tan\left(45 \text{ deg} + \frac{\phi_f}{2}\right) = 3.435$

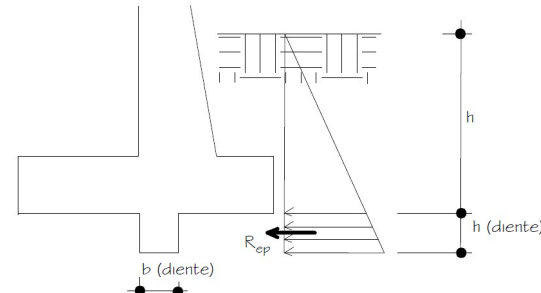
Resistencia Pasiva $R_{ep} := \frac{1}{2} \left((k_p \cdot \gamma_t \cdot h) + (k_p \cdot \gamma_t \cdot (h + h_{die})) \right) \cdot h_{die} = 5.441 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$

Factor de Resistencia Pasiva (Tabla.10.5.5.2.2-1): $\phi_{ep} := 0.5$

Fuerza Resistente $\phi_T R_T := u \cdot (\phi_T \cdot V_{SP.RIa}) = 12.496 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$ (Art.10.6.3.4-1)

Resistencia Nominal al Deslizamiento $R_R := \phi_T R_T + \phi_{ep} \cdot R_{ep} = 15.216 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$

Resistencia Actuante $H_{SP.RIa} = 7.766 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$



Verif := if ($R_R > H_{SP.RIa}$, “Cumple”, “Revisar”)

Verif = “Cumple”

c) Presiones actuantes en la base del estribo

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ | q_R | OBS |
|---------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| | | | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|----|
| Resistencia Ia | 19.02 | 31.53 | 11.16 | 1.07 | 0.43 | 0.89 | 3.30 | OK |
| Resistencia Ib | 28.16 | 48.21 | 11.16 | 1.32 | 0.18 | 1.07 | 3.30 | OK |
| Evento Extremo I | 21.02 | 35.01 | 11.64 | 1.11 | 0.39 | 0.95 | 6.00 | OK |
| Servicio I | 21.58 | 36.41 | 7.06 | 1.36 | 0.14 | 0.79 | 2.00 | OK |

CÁLCULO DEL ACERO DE REFUERZO

DISEÑO DE PANTALLA

| CARGA | CARGA DISTRIBUI | CARGA | Yp | M |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|
| | Ton/m | Ton | m | Ton-m |
| LS | 0.314 | 0.739 | 1.175 | 0.87 |
| EH | 1.232 | 1.447 | 0.783 | 1.13 |
| EQterr | 0.242 | 0.568 | 1.175 | 0.67 |
| 0.5PIR | 0.000 | 0.345 | 1.032 | 0.36 |
| PEQ | 0.000 | 5.098 | 2.025 | 10.32 |
| BR | 0.000 | 2.000 | 4.000 | 8.00 |

a) Acero por flexión

Recubrimiento de Pantalla (tabla 5.10.1-1) $r_{pant} := 5 \text{ cm}$

Diámetro de Acero de Refuerzo $\phi_{pant} := 22.2 \text{ mm}$

Resistencia Característica del Concreto $f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Tensión de Fluencia del Acero $f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$$Mu = 17.22 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\text{Usar } \phi_{pant} = 22.2 \text{ mm} \quad c / s_{pant} = 48 \text{ cm}$$

b) Acero por Temperatura

Diámetro del Acero: $\phi_{temp} := 12.7 \text{ mm}$

Espesor promedio de pantalla

$$b_{prom} := 0.5 \cdot (t_{inf} + t_{sup}) = 75 \text{ cm}$$

Altura de pantalla

$$h_{pant} := H - D - h_{par} - e_1 - e_2 = 120 \text{ cm}$$

$$As_t := \frac{0.18 \cdot (b_{prom} \cdot h_{pant})}{2 \cdot (b_{prom} + h_{pant})} \cdot \text{cm} = 4.154 \text{ cm}^2 \quad \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \right) \text{ (en cada cara)}$$

Verificación (5.10.6-2)

$$As_{temp} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } 2.33 \text{ cm}^2 \leq As_t \leq 12.70 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} As_t \\ 2.33 \text{ cm}^2 \end{array} \right\| \\ \text{if } As_t < 2.33 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} 2.33 \text{ cm}^2 \\ 12.70 \text{ cm}^2 \end{array} \right\| \\ \text{if } As_t > 12.70 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} 12.70 \text{ cm}^2 \end{array} \right\| \end{array} \right\| = 4.154 \text{ cm}^2$$



$$A_{bt} := \pi \cdot \frac{\phi_{temp}^2}{4} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Separación de las Barras: } s_t := \frac{A_{bt}}{A_{s_{temp}}} \cdot b = 30.5 \text{ cm}$$

$$\text{Separación Máxima de las Barras (Art.5.10.6): } s_{tempMAX} := 3 \cdot b_{prom} = 225 \text{ cm}$$

$$S_{temp} := \text{Floor}(\min(s_{tempMAX}, s_t, 45 \text{ cm}), 1 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Usar } \phi_{temp} = 12.7 \text{ mm} \quad c / S_{temp} = 30 \text{ cm}$$

c) Revisión de fisuración por distribución de armadura (Art. 5.6.7)

$$\text{Ancho Tributario de Diseño: } a_{trib} := 13 \text{ cm}$$

$$\text{Momento actuante de servicio I: } Mu_{SI} = 1.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\text{Verificación}_1 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } S_{max} > s_{pant} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"Revisar a)} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad \text{Verificación}_1 = \text{"Cumple"}$$

d) Revisión por corte

$$Vu = 8.827 \text{ tonnef}$$

$$\text{Verificación}_2 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot V_n > Vu \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"Revisar d)} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad \text{Verificación}_2 = \text{"Cumple"}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

$$\text{Se adoptará un espaciamiento menor al } S_{max} = 54.357 \text{ cm} \text{ de: } S_{adoptado} := 30 \text{ cm}$$

$$\text{Tomando estribo de } \phi_{estribo} := 12.7 \text{ mm} \quad \text{Área para dos ramas de corte: } A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 2.53 \text{ cm}^2$$

$$\text{Verificación}_4 := \text{if}(\phi V_n > Vu, \text{"Cumple"}, \text{"Diminuir el espaciamiento"})$$

$$\text{Verificación}_4 = \text{"Cumple"}$$

DISEÑO DE CIMENTACION

DISEÑO DEL TALÓN

a) Acero parte superior de zapata

Recubrimiento de zapata (tabla 5.10.1-1)

$$r_{zap} := 7.5 \text{ cm}$$

Diámetro de Acero de Refuerzo

$$\phi_{zap} := 19.1 \text{ mm}$$

$$Mu_{Rlb} = 50 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\text{Usar } \phi_{zap} = 19.1 \text{ mm}$$

$$c / s_{zap} = 22 \text{ cm}$$

b) Acero por Temperatura (Art. 5.10.6)

Diámetro del Acero:

$$\phi_{temp1} := 15.9 \text{ mm}$$



Usar $\phi_{temp1} = 15.9 \text{ mm}$ $c / S_{temperat} = 22 \text{ cm}$

c) Revisión del talón por corte

$$Vu_{RIzap} = 15.22 \text{ tonnef} \quad Verificación_3 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot Vn > Vu_{RIzap} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Revisar c)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_3 = \text{"Cumple"}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

Se adoptará un espaciamiento menor al $S_{max} = 54.357 \text{ cm}$ de: $S_{adoptado} := 20 \text{ cm}$

Tomando estribo de $\phi_{estribo} := 15.9 \text{ mm}$ Área para dos ramas de corte: $A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 3.97 \text{ cm}^2$

$Verificación_3 := \text{if } (\phi V_n > Vu_{RIzap}, \text{"Cumple"}, \text{"Diminuir el espaciamiento"})$

$Verificación_3 = \text{"Cumple"}$

DISEÑO DE LA PUNTA

d) Acero en fondo de zapata

Diámetro de Acero de Refuerzo: $\phi_{zap1} := 19.1 \text{ mm}$

$M_u = 13.885 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$ Usar $\phi_{zap1} = 19.1 \text{ mm}$ $c / s_{zap1} = 79 \text{ cm}$

e) Revisión de la Punta por Corte

$$Vu_{Act} = -23.51 \text{ tonnef} \quad Verificación_4 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot Vn_{Act} > Vu_{Act} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Revisar e)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_4 = \text{"Cumple"}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

Se adoptará un espaciamiento menor al $S_{max} = 54.357 \text{ cm}$ de: $S_{adoptado} := 30 \text{ cm}$

Tomando estribo de $\phi_{estribo} := 12.7 \text{ mm}$ Área para dos ramas de corte: $A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 2.53 \text{ cm}^2$

$Verificación_4 := \text{if } (\phi V_n > Vu_{Act}, \text{"Cumple"}, \text{"Diminuir el espaciamiento"})$

$Verificación_4 = \text{"Cumple"}$



6. DISEÑO DE ESTRIBO IZQUIERDO

A) DATOS DE DISEÑO

Cargas provenientes de Superestructura

$$\text{Carga Muerta: } P_{DC} := 12.36 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga de Frenado: } BR := 2 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga Viva: } P_{LL,I} := 10.236 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Carga Asfalto: } P_{DW} := 1.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso específico del Concreto: } \gamma_c := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Altura de aplicación: } h_{BR} := 1.65 \text{ m}$$

PROPIEDADES DEL SUELO

$$\text{Angulo de Fricción interna: } \phi_f := 33.3^\circ$$

$$\text{Angulo de Fricción entre el suelo y el muro: } \delta := 0^\circ$$

$$\text{Angulo del material del suelo con la horizontal: } \beta := 0^\circ$$

$$\text{Angulo de inclinación del muro del lado del terreno: } \theta := 90^\circ$$

$$\text{Capacidad Admisible: } q_{adm} := 2.00 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Factor de seguridad: } FS := 3$$

$$\text{Peso específico del suelo no cohesivo: } \gamma_t := 1800 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

PARÁMETROS SÍSMICOS

$$\text{Coeficiente Sísmico de aceleración } PGA := 0.3$$

$$\text{Coeficiente de sitio: } F_{pga} := 1.2$$

B) DIMENSIONES PRELIMINARES

Esquema 1

$$\text{Base del Parapeto: } b_{par} := 0.25 \text{ m} \quad \text{Altura del Parapeto: } h_{par} := 0.95 \text{ m}$$

$$e_1 := 0.2 \text{ m}$$

$$e_2 := 0.3 \text{ m}$$

$$t_1 := 0.30 \text{ m}$$

$$t_2 := 0.35 \text{ m}$$

$$\text{Altura de relleno sobre el talón: } H := 5.6 \text{ m} \quad \text{Altura de relleno sobre la punta: } h := 2 \text{ m}$$

$$\text{Ancho del cimiento: } B_1 := 0.5 \cdot H = 2.8 \text{ m} \quad B_2 := \frac{2}{3} \cdot H = 3.73 \text{ m}$$

$$B := 3.6 \text{ m}$$

$$\text{Altura del cimiento: } D := 0.1 \cdot H = 0.56 \text{ m}$$

$$D := 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Espesor menor de Pantalla: } t_{sup} := \frac{H}{24} = 0.23 \text{ m}$$

$$t_{sup} := 0.25 \text{ m}$$

$$\text{Espesor mayor de Pantalla: } t_{inf} := 0.1 \cdot H = 0.56 \text{ m}$$

$$t_{inf} := 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de Punta: } L_{punta} := \frac{B}{3} = 1.2 \text{ m}$$

$$L_{punta} := 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de Talón } L_{talon} := B - L_{punta} - t_{inf} = 1.8 \text{ m}$$

$$\text{Longitud mínima de cajuela " } N_{min} \text{ " (4.7.4.4-1)}$$

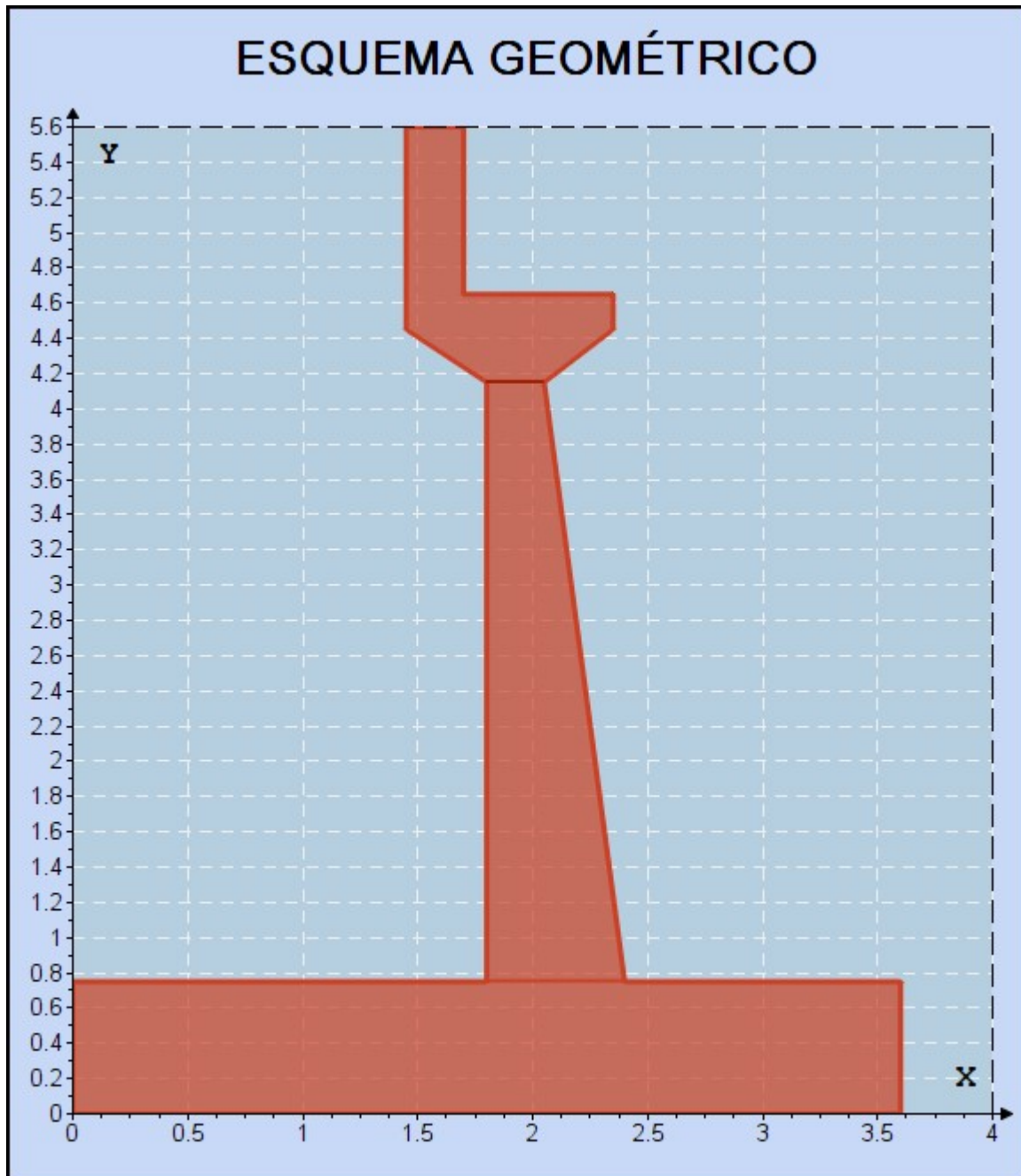


Longitud de la Plataforma del Puente: $L := 8.5 \text{ m}$

Altura Media del Pilar Intermedio: $H' := 0 \text{ mm}$

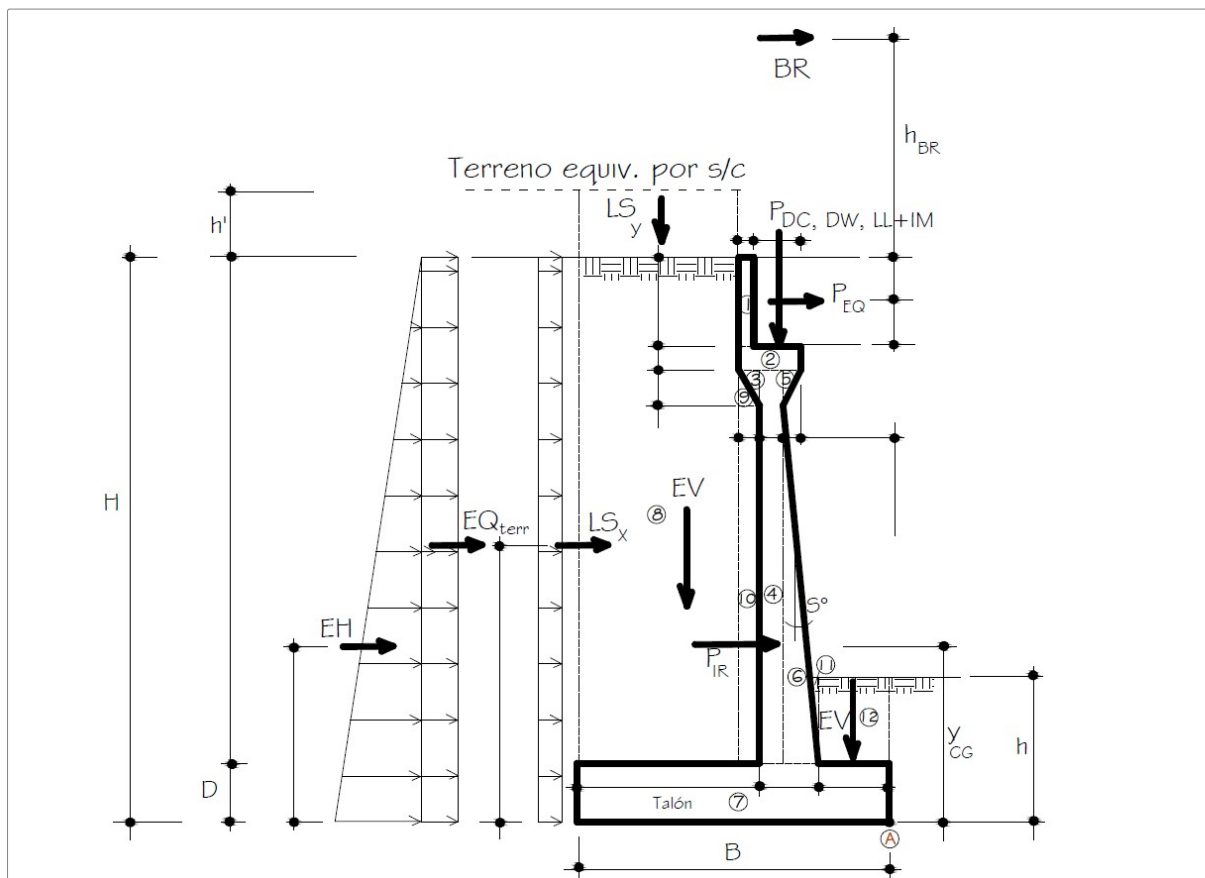
Desviación del Apoyo $Ang := \text{atan}\left(\frac{t_{inf} - t_{sup}}{H - h_{par} - e_1 - e_2 - D}\right) \cdot \left(\frac{180}{\pi} \text{ deg}\right) = 5.88^\circ$ $S := 10.01^\circ$

$N_{min} := (200 \text{ mm} + 0.0017 \cdot L + 0.0067 \cdot H') \cdot (1 + 0.000125 \cdot S^2) = 0.21 \text{ m}$ $N := 0.65 \text{ m}$





CASO 1: ESTRIBO CON PUENTE



CARGAS VERTICALES

CARGA DC (Peso propio del Estribo)

| Elemento | Volumen (m ³) | DC (Ton/m) | Xa (m) | Ya (m) | Xa*DC | Ya*DC |
|--------------|---------------------------|--------------|--------|--------|--------------|--------------|
| 1 | 0.2375 | 0.57 | 2.025 | 5.125 | 1.15 | 2.92 |
| 2 | 0.18 | 0.43 | 1.700 | 4.550 | 0.73 | 1.97 |
| 3 | 0.0525 | 0.13 | 1.917 | 4.350 | 0.24 | 0.55 |
| 4 | 0.925 | 2.22 | 1.675 | 2.600 | 3.72 | 5.77 |
| 5 | 0.045 | 0.11 | 1.450 | 4.350 | 0.16 | 0.47 |
| 6 | 0.595 | 1.43 | 1.433 | 1.883 | 2.05 | 2.69 |
| 7 | 2.7 | 6.48 | 1.800 | 0.375 | 11.66 | 2.43 |
| TOTAL | | 11.36 | | | 19.72 | 16.80 |

Salida de datos:

$$DC = 11.364 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$X_{DC} = 1.735 \text{ m}$$

$$Y_{DC} = 1.478 \text{ m}$$

CARGA EV (Peso del Suelo)

| Elemento | Volumen (m ³) | EV (ton/m) | Xa (m) | Ya (m) | Xa*EV | Ya*EV |
|----------|---------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| 8 | 7.033 | 12.659 | 2.875 | 3.175 | 36.393 | 40.191 |
| 9 | 0.053 | 0.095 | 2.033 | 4.250 | 0.192 | 0.402 |
| 10 | 1.190 | 2.142 | 1.975 | 2.450 | 4.230 | 5.248 |
| 11 | 0.138 | 0.248 | 1.274 | 1.583 | 0.316 | 0.393 |



| | | | | | | |
|--------------|-------|---------------|-------|-------|--------------|--------------|
| 12 | 1.500 | 2.700 | 0.600 | 1.375 | 1.620 | 3.713 |
| TOTAL | | 17.843 | | | 42.75 | 49.95 |

Salida de datos:

$$EV = 17.843 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$X_{EV} = 2.396 \text{ m}$$

$$Y_{EV} = 2.799 \text{ m}$$

CARGA LS (Sobrecarga por Carga Viva del Suelo)

$$LS_y = 1.566 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$X_{LSy} = 2.875 \text{ m}$$

RESUMEN DE CARGAS VERTICALES

| CARGA | TIPO | V (Ton/m) | X ^A (m) | M _v (ton-m/m) |
|-----------------|-------|--------------|--------------------|--------------------------|
| DC | DC | 11.36 | 1.73 | 19.72 |
| P _{DC} | DC | 12.36 | 1.58 | 19.47 |
| P _{DW} | DW | 1.80 | 1.58 | 2.84 |
| EV | EV | 17.84 | 2.40 | 42.75 |
| PLL-I | LL+IM | 10.24 | 1.58 | 16.12 |
| LS _y | LS | 1.57 | 2.88 | 4.50 |
| TOTAL | | 55.17 | | 105.39 |

CARGAS HORIZONTALES

RESUMEN DE CARGAS HORIZONTALES

| CARGA | TIPO | H (Ton/m) | Y ^A (m) | M _H (ton-m/m) |
|--------------------|------|--------------|--------------------|--------------------------|
| LS _x | LS | 1.76 | 2.80 | 4.93 |
| EH | EH | 8.22 | 1.87 | 15.34 |
| EQ _{terr} | EQ | 3.23 | 2.80 | 9.03 |
| 0.5P _{IR} | EQ | 2.63 | 2.29 | 6.01 |
| P _{EQ} | EQ | 5.10 | 5.13 | 26.13 |
| BR | BR | 2.00 | 7.25 | 14.50 |
| TOTAL | | 22.93 | | 75.94 |

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ_{DC} | γ_{dw} | γ_{EV} | γ_{LL+IM} | γ_{LSy} | γ_{LSx} | γ_{EH} | γ_{EQ} | γ_{BR} |
|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Resistencia Ia | 0.90 | 0.65 | 1.00 | - | - | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Resistencia Ib | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - | 1.75 |
| Ev. Extremo I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 0.50 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - | 1.00 |

CARGAS VERTICALES (Vu)

| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | TOTALES |
|------|----|----|----|----|-------|----|---------|
|------|----|----|----|----|-------|----|---------|



| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _v | V _u (Ton) |
|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|----------------------|
| V (Ton) = | 11.36 | 12.36 | 1.80 | 17.84 | 10.24 | 1.57 | 55.17 |
| γ = | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 10.23 | 11.12 | 1.17 | 17.84 | 0.00 | 0.00 | 40.36 |
| γ = | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 14.21 | 15.45 | 2.70 | 24.09 | 17.91 | 2.74 | 77.10 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 11.36 | 12.36 | 1.80 | 17.84 | 5.12 | 0.78 | 49.27 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 11.36 | 12.36 | 1.80 | 17.84 | 10.24 | 1.57 | 55.17 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (M_{vt})

| TIPO | DC | DC | DW | EV | LL+IM | LS | TOTALES |
|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | P _{DC} | P _{DW} | EV | P _{LL+IM} | LS _v | I _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) | 19.72 | 19.47 | 2.84 | 42.75 | 16.12 | 4.50 | 105.39 |
| γ = | 0.90 | 0.90 | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia | 17.74 | 17.52 | 1.84 | 42.75 | 0.00 | 0.00 | 79.86 |
| γ = | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | |
| Resistencia | 24.65 | 24.33 | 4.25 | 57.72 | 28.21 | 7.88 | 147.04 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 19.72 | 19.47 | 2.84 | 42.75 | 8.06 | 2.25 | 95.08 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 19.72 | 19.47 | 2.84 | 42.75 | 16.12 | 4.50 | 105.39 |

CARGAS HORIZONTALES (H_u)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | TOTALES |
|--------------------|-----------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|------|----------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.76 | 8.22 | 3.23 | 2.63 | 5.10 | 2.00 | 22.93 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 3.08 | 12.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 18.91 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 3.08 | 12.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 18.91 |
| γ = | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 0.88 | 8.22 | 3.23 | 2.63 | 5.10 | 1.00 | 21.05 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 1.76 | 8.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 11.98 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (M_{HU})

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | EQ | BR | TOTALES |
|--------------------|-----------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|-------|------------------------|
| CARGA | LS _x | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | P _{EQ} | BR | I _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) | 4.93 | 15.34 | 9.03 | 6.01 | 26.13 | 14.50 | 75.94 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 8.63 | 23.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.38 | 57.01 |
| γ = | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | |
| Resistencia | 8.63 | 23.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.38 | 57.01 |
| γ = | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |

| | | | | | | | |
|-------------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Ev. Extremo | 2.47 | 15.34 | 9.03 | 6.01 | 26.13 | 7.25 | 66.22 |
| γ = | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 4.93 | 15.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.50 | 34.77 |

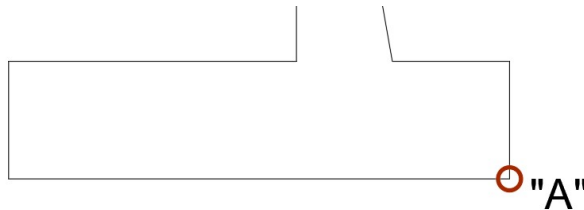
CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

Esquema 3

Estado limite de Resistencia (Art. 11.6.3.3) $e_{maxRI} := \frac{B}{3} = 1.2 \text{ m}$

Estado limite de Evento Extremo (Art. 11.6.5.1) $e_{maxEE} := \frac{11}{30} \cdot B = 1.32 \text{ m}$



| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e_{max} | OBS |
|----------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-----------|---------|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 40.36 | 79.86 | 57.01 | 0.57 | 1.23 | 1.20 | Revisar |
| Resistencia Ib | 77.10 | 147.04 | 57.01 | 1.17 | 0.63 | 1.20 | OK |
| Evento Extrem | 49.27 | 95.08 | 66.22 | 0.59 | 1.21 | 1.32 | OK |

b) Deslizamiento en base del estribo

Coefficiente de Fricción (Art.10.6.3.3): $u := \tan(\phi_f) = 0.657$

Coefficiente de estado limite de resistencia y evento extremo: $\phi_T := 1$

| Estados | V_U | RESISTENCIA $F_f = \mu(\phi_T V_U)$ | ACTUANT $E H_U$ | $F_f > H_u$ |
|----------------|-------|--|--------------------|-------------|
| | Ton/m | Ton/m | Ton/m | |
| Resistencia Ia | 40.36 | 26.51 | 18.91 | CUMPLE |
| Resistencia Ib | 77.10 | 50.64 | 18.91 | CUMPLE |
| Evento Extrem | 49.27 | 32.36 | 21.05 | CUMPLE |

c) Presiones actuantes en la base del estribo

Capacidad de Carga factorada del terreno

1) Estado límite de Resistencia (Tabla 11.5.7-1)

Resistencia al Rodamiento: $\theta_b := 0.55$

(Art.10.6.3.1.1-1) $q_R := \theta_b \cdot FS \cdot q_{adm} = 3.3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$



2) Estado límite de Evento Extremo (Art 11.5.8): $\theta_{EE} := 1$

$$q_{EE} := \theta_{EE} \cdot FS \cdot q_{adm} = 6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

3) Estado límite de Servicio $q_{adm} = 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² |
| Resistencia Ia | 40.36 | 79.86 | 57.01 | 0.57 | 1.23 | 3.57 |
| Resistencia Ib | 77.10 | 147.04 | 57.01 | 1.17 | 0.63 | 3.30 |
| Evento Extremo I | 49.27 | 95.08 | 66.22 | 0.59 | 1.21 | 4.21 |
| Servicio I | 55.17 | 105.39 | 34.77 | 1.28 | 0.52 | 2.15 |

CASO 2: ESTRIBO SIN PUENTE

ESTADOS LIMITES APLICABLES Y COMBINACIONES DE CARGAS

FACTORES DE CARGA UTILIZADOS

| Estado Limite | γ_{DC} | γ_{EV} | γ_{LSy} | γ_{LSx} | γ_{EH} | γ_{EQ} |
|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Resistencia Ia | 0.90 | 1.00 | - | 1.75 | 1.50 | - |
| Resistencia Ib | 1.25 | 1.35 | 1.75 | 1.75 | 1.50 | - |
| Ev. Extremo | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

CARGAS VERTICALES (Vu)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|----------------|-------|-------|-----------------|----------------------|
| CARGA | DC | EV | LS _y | V _u (Ton) |
| V (Ton) = | 11.36 | 17.84 | 1.57 | 30.77 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia Ia | 10.23 | 17.84 | 0.00 | 28.07 |
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia Ib | 14.21 | 24.09 | 2.74 | 41.03 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 11.36 | 17.84 | 0.78 | 29.99 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 11.36 | 17.84 | 1.57 | 30.77 |

MOMENTO ESTABILIZADOR POR CARGAS VERTICALES (Mvu)

| TIPO | DC | EV | LS | TOTALES |
|----------------|-------|-------|-----------------|------------------------|
| CARGA | DC | EV | LS _y | M _u (Ton-m) |
| Mv (Ton-m) = | 19.72 | 42.75 | 4.50 | 66.97 |
| $\gamma =$ | 0.90 | 1.00 | 0.00 | |
| Resistencia Ia | 17.74 | 42.75 | 0.00 | 60.50 |



| | | | | |
|----------------------|-------|-------|------|--------------|
| $\gamma =$ | 1.25 | 1.35 | 1.75 | |
| Resistencia I | 24.65 | 57.72 | 7.88 | 90.24 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.50 | |
| Ev. Extremo | 19.72 | 42.75 | 2.25 | 64.72 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Servicio I | 19.72 | 42.75 | 4.50 | 66.97 |

CARGAS HORIZONTALES (Hu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|----------------------|------|-------|--------------------|--------------------|----------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | H _u (Ton) |
| H (Ton) = | 1.76 | 8.22 | 3.23 | 2.63 | 15.83 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 3.08 | 12.33 | 0.00 | 0.00 | 15.41 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 3.08 | 12.33 | 0.00 | 0.00 | 15.41 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 0.88 | 8.22 | 3.23 | 2.63 | 14.95 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Servicio I | 1.76 | 8.22 | 0.00 | 0.00 | 9.98 |

MOMENTO DE VUELCO POR CARGAS HORIZONTALES (Mhu)

| TIPO | LS | EH | EQ | EQ | TOTALES |
|----------------------|------|-------|--------------------|--------------------|------------------------|
| CARGA | LSx | EH | EQ _{terr} | 0.5P _{IR} | M _u (Ton-m) |
| Mh (Ton-m) = | 4.93 | 15.34 | 9.03 | 6.01 | 35.31 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 8.63 | 23.01 | 0.00 | 0.00 | 31.64 |
| $\gamma =$ | 1.75 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | |
| Resistencia I | 8.63 | 23.01 | 0.00 | 0.00 | 31.64 |
| $\gamma =$ | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Ev. Extremo | 2.47 | 15.34 | 9.03 | 6.01 | 32.85 |
| $\gamma =$ | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | |

CHEQUEO DE ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

a) Vuelco alrededor del punto "A"

| Estados | V _U | M _{VU} | M _{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | e _{max} | OBS |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | m | |
| Resistencia Ia | 28.07 | 60.50 | 31.64 | 1.03 | 0.77 | 1.20 | OK |
| Resistencia Ib | 41.03 | 90.24 | 31.64 | 1.43 | 0.37 | 1.20 | OK |
| Evento Extremo I | 29.99 | 64.72 | 32.85 | 1.06 | 0.74 | 1.32 | OK |

b) Deslizamiento en base del estribo



| Estados | V_U | RESISTENCIA $F_f = \mu(\phi_T V_U)$ | ACTUANTE H_U | $F_f > H_U$ |
|----------------|-------|--|-------------------|-------------|
| | Ton/m | Ton/m | Ton/m | |
| Resistencia Ia | 28.07 | 18.44 | 15.41 | CUMPLE |
| Resistencia Ib | 41.03 | 26.95 | 15.41 | CUMPLE |
| Evento Extremo | 29.99 | 19.70 | 14.95 | CUMPLE |

AÑADIR UN DENTELLON DE CONCRETO REFORZADO EN LA BASE DEL ESTRIBO SOLO SI SE INDICA REDISEÑAR

Dimensión del dentellón de Concreto Reforzado

$$h_{die} := 40 \text{ cm}$$

$$b_{die} := 40 \text{ cm}$$

Coefficiente de Empuje Pasivo: $k_p := \tan\left(45 \text{ deg} + \frac{\phi_f}{2}\right) = 3.435$

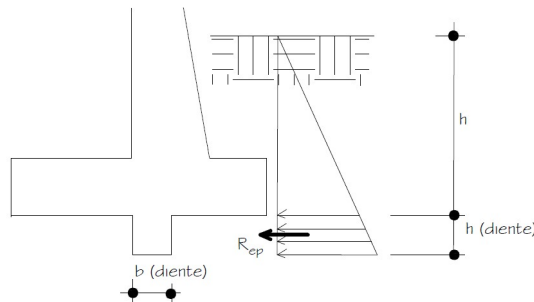
Resistencia Pasiva $R_{ep} := \frac{1}{2} \left((k_p \cdot \gamma_t \cdot h) + (k_p \cdot \gamma_t \cdot (h + h_{die})) \right) \cdot h_{die} = 5.441 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$

Factor de Resistencia Pasiva (Tabla.10.5.5.2.2-1): $\phi_{ep} := 0.5$

Fuerza Resistente $\phi_T R_T := u \cdot (\phi_T \cdot V_{SP.RIa}) = 18.439 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$ (Art.10.6.3.4-1)

Resistencia Nominal al Deslizamiento $R_R := \phi_T R_T + \phi_{ep} \cdot R_{ep} = 21.159 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$

Resistencia Actuante $H_{SP.RIa} = 15.407 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$



Verif := if ($R_R > H_{SP.RIa}$, "Cumple", "Revisar")

Verif = "Cumple"

c) Presiones actuantes en la base del estribo

| Estados | V_U | M_{VU} | M_{HU} | $x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{V_U}$ | $e = \frac{B}{2} - x_o$ | $q = \frac{V_U}{B - 2e}$ | q_R | OBS |
|------------------|-------|----------|----------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-----|
| | Ton/m | Ton-m | Ton-m | m | m | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| Resistencia Ia | 28.07 | 60.50 | 31.64 | 1.03 | 0.77 | 1.37 | 3.30 | OK |
| Resistencia Ib | 41.03 | 90.24 | 31.64 | 1.43 | 0.37 | 1.44 | 3.30 | OK |
| Evento Extremo I | 29.99 | 64.72 | 32.85 | 1.06 | 0.74 | 1.41 | 6.00 | OK |
| Servicio I | 30.77 | 66.97 | 20.27 | 1.52 | 0.28 | 1.01 | 2.00 | OK |



CÁLCULO DEL ACERO DE REFUERZO

DISEÑO DE PANTALLA

| CARGA | CARGA DISTRIBUI | CARGA | Yp | M |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|
| | Ton/m | Ton | m | Ton-m |
| LS | 0.314 | 1.525 | 2.425 | 3.70 |
| EH | 2.542 | 6.163 | 1.617 | 9.96 |
| EQterr | 0.499 | 2.420 | 2.425 | 5.87 |
| 0.5PIR | 0.000 | 0.440 | 2.191 | 0.96 |
| PEQ | 0.000 | 5.098 | 4.375 | 22.30 |
| BR | 0.000 | 2.000 | 6.500 | 13.00 |

a) Acero por flexión

Recubrimiento de Pantalla (tabla 5.10.1-1) $r_{pant} := 5 \text{ cm}$

Diámetro de Acero de Refuerzo $\phi_{pant} := 22.2 \text{ mm}$

Resistencia Característica del Concreto $f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Tensión de Fluencia del Acero $f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$$Mu = 47.45 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\text{Usar } \phi_{pant} = 22.2 \text{ mm} \quad c / s_{pant} = 17 \text{ cm}$$

b) Acero por Temperatura

Diámetro del Acero: $\phi_{temp} := 12.7 \text{ mm}$

Espesor promedio de pantalla $b_{prom} := 0.5 \cdot (t_{inf} + t_{sup}) = 42.5 \text{ cm}$

Altura de pantalla $h_{pant} := H - D - h_{par} - e_1 - e_2 = 340 \text{ cm}$

$$As_t := \frac{0.18 \cdot (b_{prom} \cdot h_{pant})}{2 \cdot (b_{prom} + h_{pant})} \cdot \text{cm} = 3.4 \text{ cm}^2 \quad \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \right) \text{ (en cada cara)}$$

Verificación (5.10.6-2)

$$As_{temp} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } 2.33 \text{ cm}^2 \leq As_t \leq 12.70 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} As_t \\ \text{if } As_t < 2.33 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} 2.33 \text{ cm}^2 \\ \text{if } As_t > 12.70 \text{ cm}^2 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} 12.70 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\| = 3.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{bt} := \pi \cdot \frac{\phi_{temp}^2}{4} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Separación de las Barras: } s_t := \frac{A_{bt}}{As_{temp}} \cdot b = 37.3 \text{ cm}$$



Separación Máxima de las Barras (Art.5.10.6): $s_{tempMAX} := 3 \cdot b_{prom} = 127.5 \text{ cm}$

$$S_{temp} := \text{Floor}(\min(s_{tempMAX}, s_t, 45 \text{ cm}), 1 \text{ cm}) = 37 \text{ cm}$$

Usar $\phi_{temp} = 12.7 \text{ mm}$ $c / S_{temp} = 37 \text{ cm}$

c) Revisión de fisuración por distribución de armadura (Art. 5.6.7)

Ancho Tributario de Diseño: $a_{trib} := 13 \text{ cm}$

Momento actuante de servicio I: $Mu_{SI} = 3.466 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$

$$Verificación_1 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } S_{max} > s_{pant} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \text{“Revisar a)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_1 = \text{“Cumple”}$$

d) Revisión por corte

$Vu = 15.883 \text{ tonnef}$

$$Verificación_2 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot V_n > Vu \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Cumple”} \\ \text{else} \\ \text{“Revisar d)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_2 = \text{“Cumple”}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

Se adoptará un espaciamiento menor al $S_{max} = 41.039 \text{ cm}$ de: $S_{adoptado} := 30 \text{ cm}$

Tomando estribo de $\phi_{estribo} := 12.7 \text{ mm}$ Área para dos ramas de corte: $A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 2.53 \text{ cm}^2$

$$Verificación_4 := \text{if}(\phi V_n > Vu, \text{“Cumple”}, \text{“Diminuir el espaciamiento”})$$

$$Verificación_4 = \text{“Cumple”}$$

DISEÑO DE CIMENTACION

DISEÑO DEL TALÓN

a) Acero parte superior de zapata

Recubrimiento de zapata (tabla 5.10.1-1)

$$r_{zap} := 7.5 \text{ cm}$$

Diámetro de Acero de Refuerzo

$$\phi_{zap} := 19.1 \text{ mm}$$

$Mu_{Rlb} = 50 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$

Usar $\phi_{zap} = 19.1 \text{ mm}$

$c / s_{zap} = 28 \text{ cm}$

b) Acero por Temperatura (Art. 5.10.6)

Diámetro del Acero:

$$\phi_{temp1} := 15.9 \text{ mm}$$

Usar $\phi_{temp1} = 15.9 \text{ mm}$ $c / S_{temperat} = 30 \text{ cm}$



c) Revisión del talón por corte

$$Vu_{Rlzap} = 26.9 \text{ tonnef} \quad Verificación_3 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot Vn > Vu_{Rlzap} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"Revisar c)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_3 = \text{"Cumple"}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

Se adoptará un espaciamiento menor al $S_{max} = 41.039 \text{ cm}$ de: $S_{adoptado} := 20 \text{ cm}$

Tomando estribo de $\phi_{estribo} := 15.9 \text{ mm}$ Área para dos ramas de corte: $A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 3.97 \text{ cm}^2$

$Verificación_3 := \text{if } (\phi V_n > Vu_{Rlzap}, \text{"Cumple"}, \text{"Diminuir el espaciamiento"})$

$Verificación_3 = \text{"Cumple"}$

DISEÑO DE LA PUNTA

d) Acero en fondo de zapata

Díámetro de Acero de Refuerzo: $\phi_{zap1} := 19.1 \text{ mm}$

$M_u = 28.057 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$ Usar $\phi_{zap1} = 19.1 \text{ mm}$ $c / s_{zap1} = 23 \text{ cm}$

e) Revisión de la Punta por Corte

$$Vu_{Act} = 22.25 \text{ tonnef} \quad Verificación_4 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi_{corte} \cdot Vn_{Act} > Vu_{Act} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"Revisar e)"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \quad Verificación_4 = \text{"Cumple"}$$

EN CASO QUE NO SE VERIFIQUE

Se adoptará un espaciamiento menor al $S_{max} = 41.039 \text{ cm}$ de: $S_{adoptado} := 30 \text{ cm}$

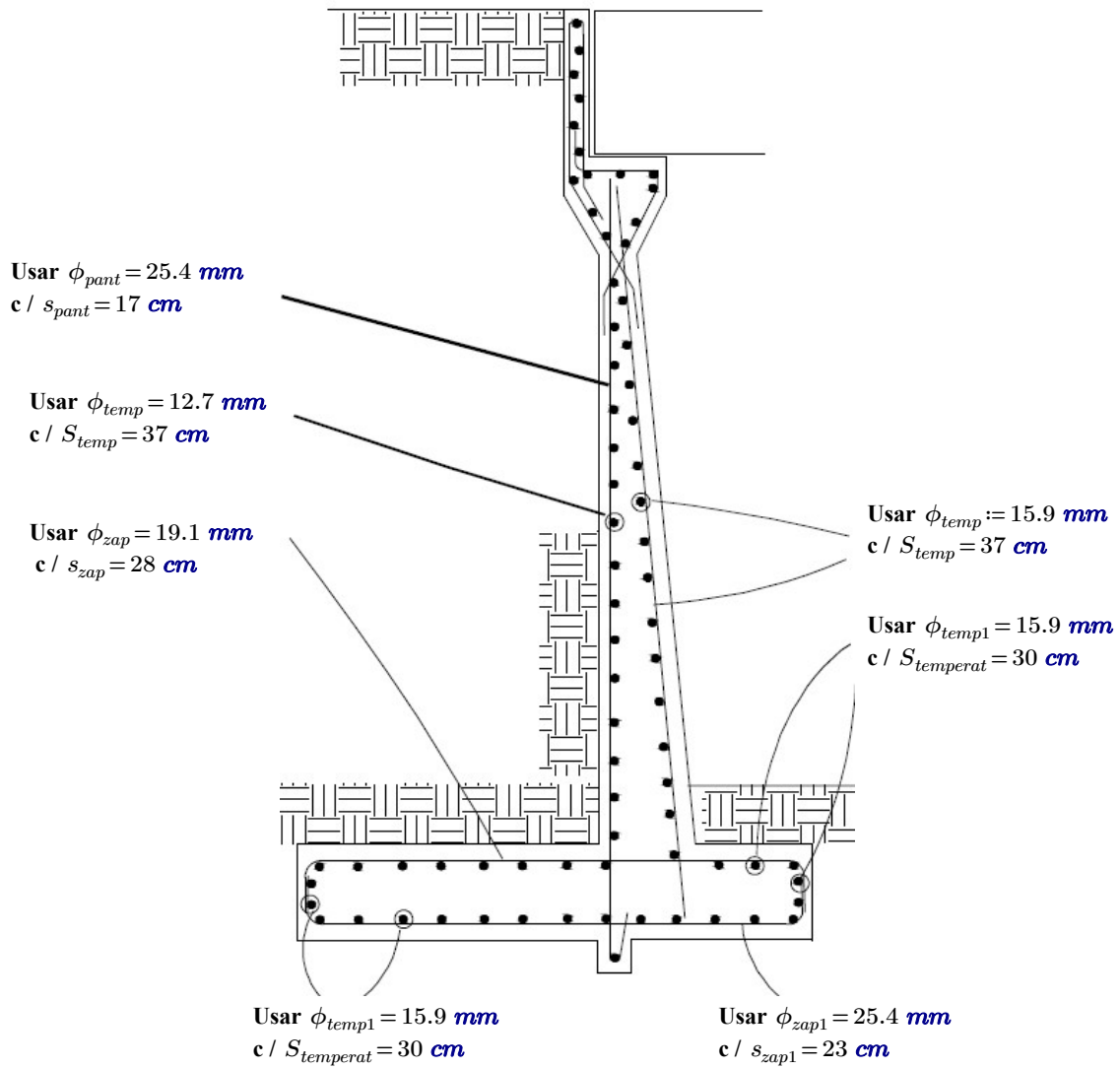
Tomando estribo de $\phi_{estribo} := 12.7 \text{ mm}$ Área para dos ramas de corte: $A_v := 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_{estribo}^2}{4} \right) = 2.53 \text{ cm}^2$


$Verificación_4 := \text{if } (\phi V_n > Vu_{Act}, \text{"Cumple"}, \text{"Diminuir el espaciamiento"})$

$Verificación_4 = \text{"Cumple"}$



DISPOSICION DE ARMADURA DE ACERO EN ESTRIBO

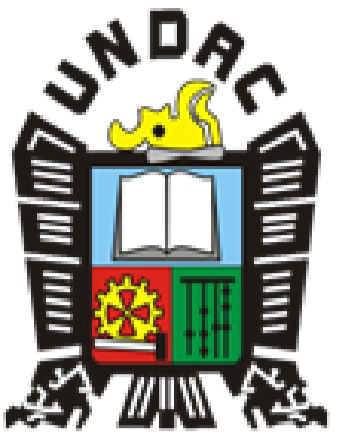


| | | |
|--|---|---------------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | Proyecto: “Refuerzo Estructural para la Demolición Parcial de Estribos y Zapatas optimizando la Resistencia y Estabilidad para la Reconstrucción Sostenible de un Puente – Cajamarquilla 2023” | N° : 00065 |
| | Estructura: P-C-R | Memoria de Calculo |

7. CONCLUSIONES

Se llevo a cabo un proceso de revisión y verificación del estado actual del estribo derecho e izquierdo del puente vehicular Puente Cajamarquilla, teniendo en cuenta la información existente del puente, las visitas a campo y los informes de estudios previos. En general, se evidencio lo siguiente:

- El estribo derecho del puente Cajamarquilla presenta deficiencias significativas en sus verificaciones estructurales. En el Caso 1 (Estribo con Puente), se requiere un rediseño para abordar problemas de vuelco y deslizamiento, aunque las presiones en la base cumplen con las normas. En el Caso 2 (Estribo sin Puente), se necesita una revisión y rediseño completo debido a fallas en las comprobaciones de vuelco y deslizamiento, aunque las presiones en la base cumplen con los estándares. Es imperativo tomar medidas correctivas para garantizar la integridad y seguridad del estribo del puente.
- Se ha desarrollado un diseño de estribo que ha sido reforzado en áreas críticas como la pantalla, la zapata y la incorporación de la estructura del cabezal, específicamente concebido para soportar la carga de la losa. Las dimensiones propuestas han sido minuciosamente evaluadas y verificadas para asegurar su idoneidad ante la carga prevista. Se han realizado ensayos de diamantina para conocer las propiedades mecánicas del material del estribo derecho y refinar el análisis de la estructura. Se ha llevado a cabo una exhaustiva evaluación de la estabilidad del estribo, confirmando su capacidad para mantener la integridad bajo condiciones de carga esperadas. Las comprobaciones por volteo, deslizamiento a lo largo de la base y capacidad de carga han sido satisfactoriamente superadas, demostrando la solidez del diseño. La consideración de la incorporación de aleros en forma de U evidencia un enfoque proactivo hacia la seguridad y estabilidad del proyecto, garantizando la integridad de viviendas adyacentes que han utilizado como cimentación los aleros del puente y minimizando riesgos adicionales. En resumen, el diseño del estribo exhibe una solución práctica para las demandas de carga previstas, al mismo tiempo que se aborda la preservación de la integridad de las estructuras circundantes.
- Se concluye que el rediseño del estribo izquierdo ha resultado en una mejora significativa en la eficiencia de recursos y en las técnicas constructivas empleadas en la situación actual del puente. Es alentador destacar que el diseño ha superado de manera satisfactoria las comprobaciones y regulaciones de seguridad en conformidad con las normativas vigentes. Esto asegura que el estribo izquierdo cumple con los estándares de seguridad necesarios para garantizar la integridad y estabilidad del puente, brindando una solución más eficaz y sostenible desde el punto de vista estructural.



Proyecto:

REFUERZO ESTRUCTURAL
PARCIAL DE ESTRIBOS Y
ZAPATAS OPTIMIZANDO LA
RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA
RECONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE UN
PUENTE –
CAJAMARQUILLA 2023

C.P/ DISTRITO:

CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:

PASCO

REGION:

PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:

PUENTE

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO:

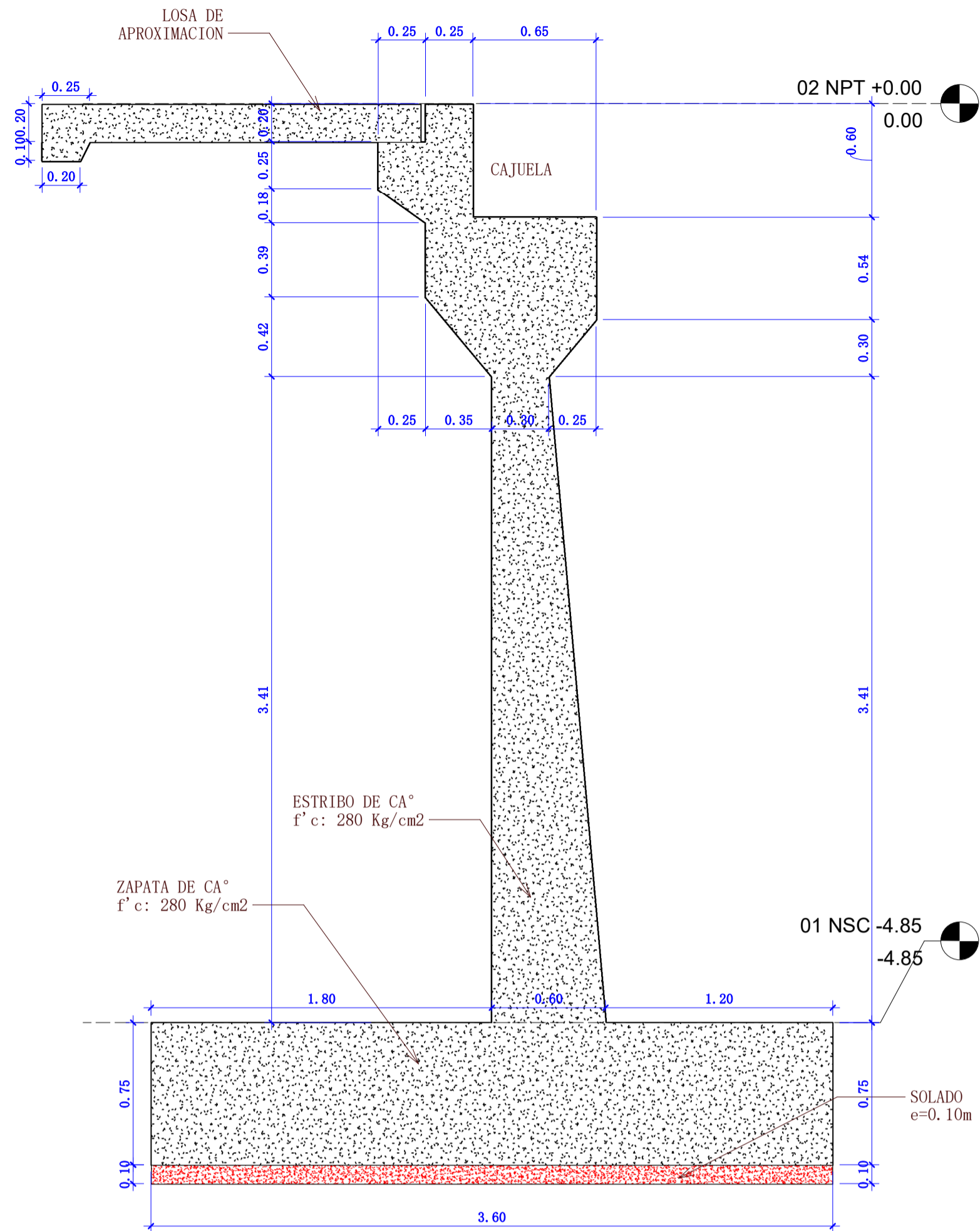
ESTRIBOS Y ALEROS

NUMERO DE LAMINA:

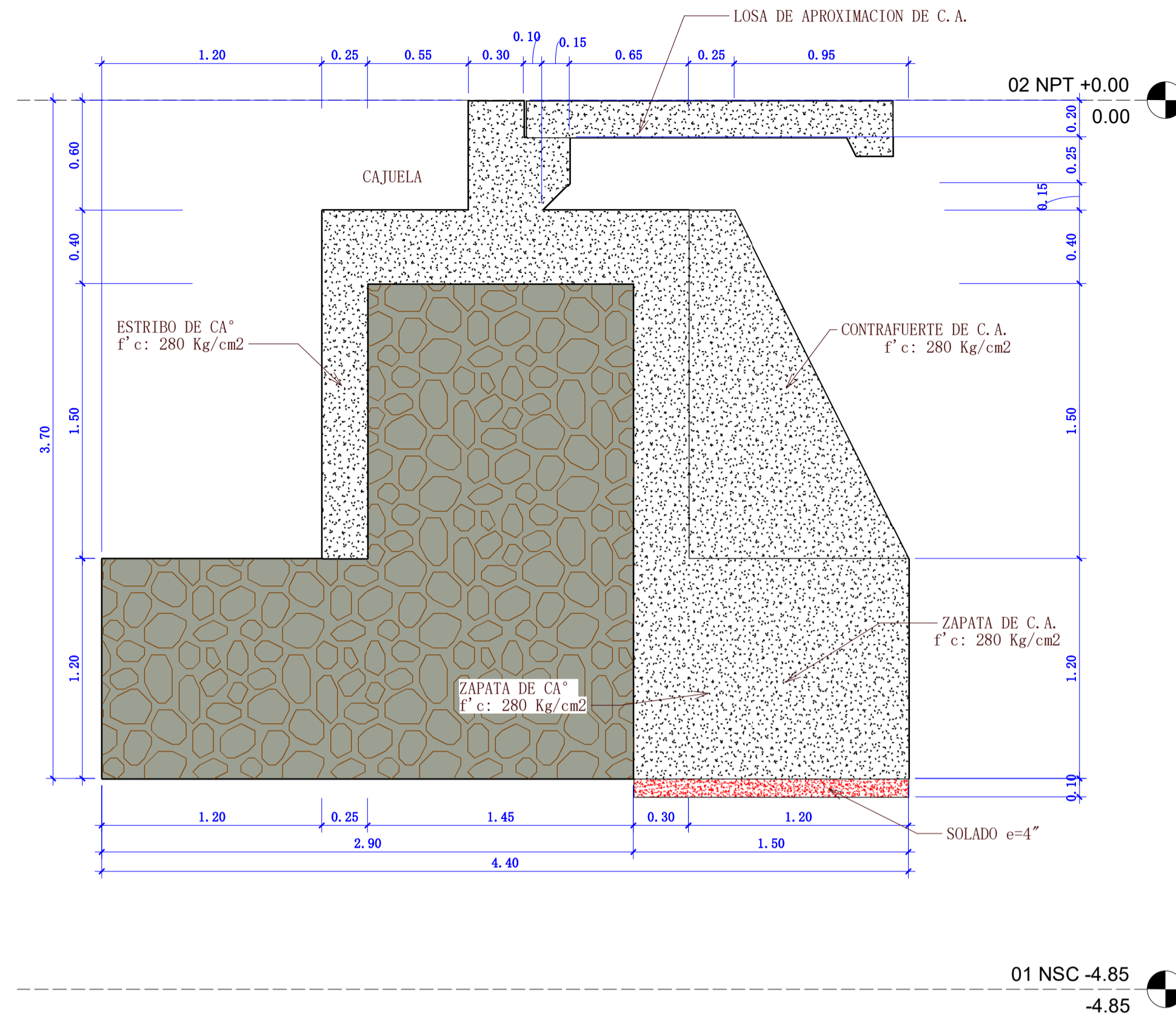
PE-01

ESCALA:

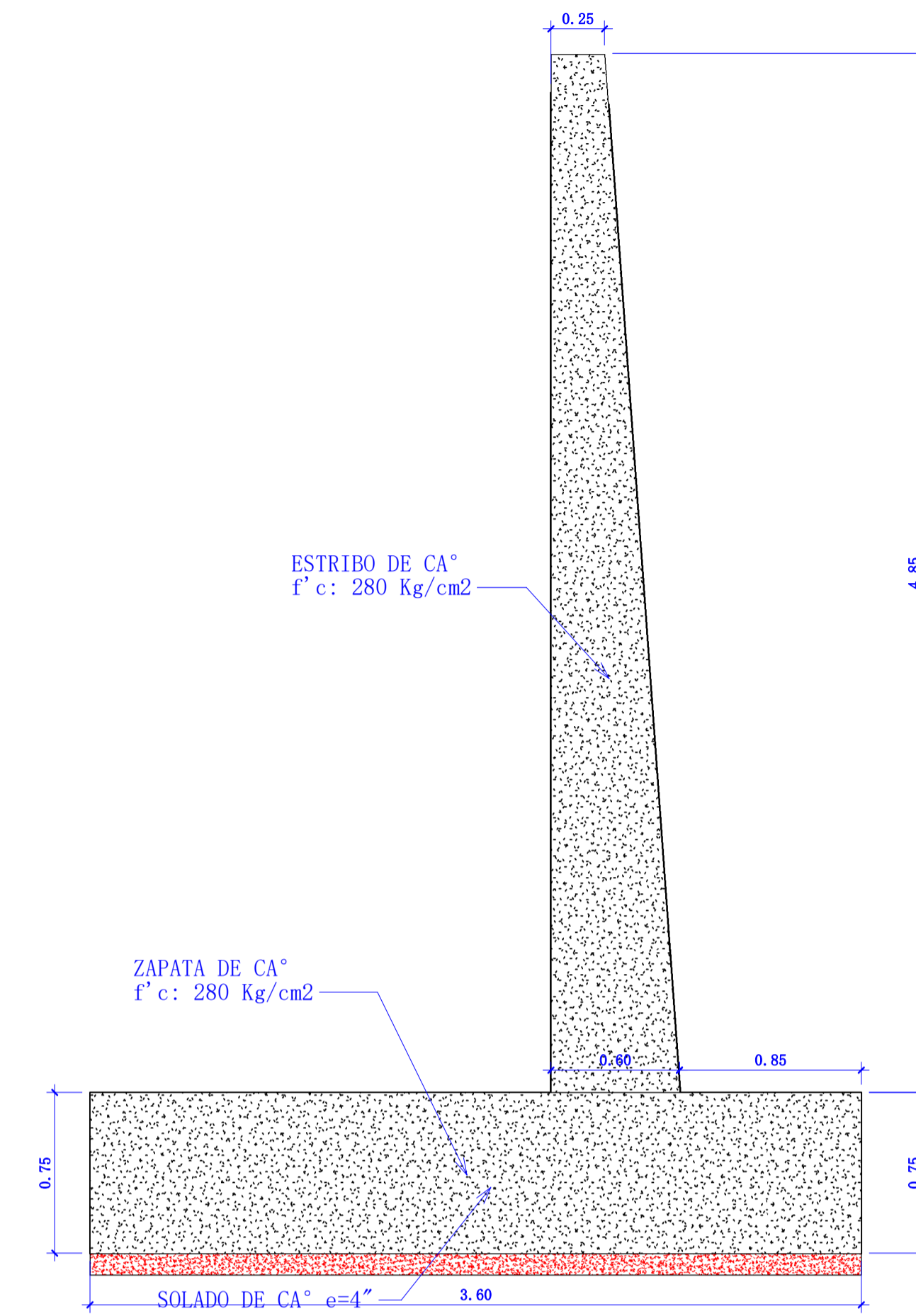
Como se indica



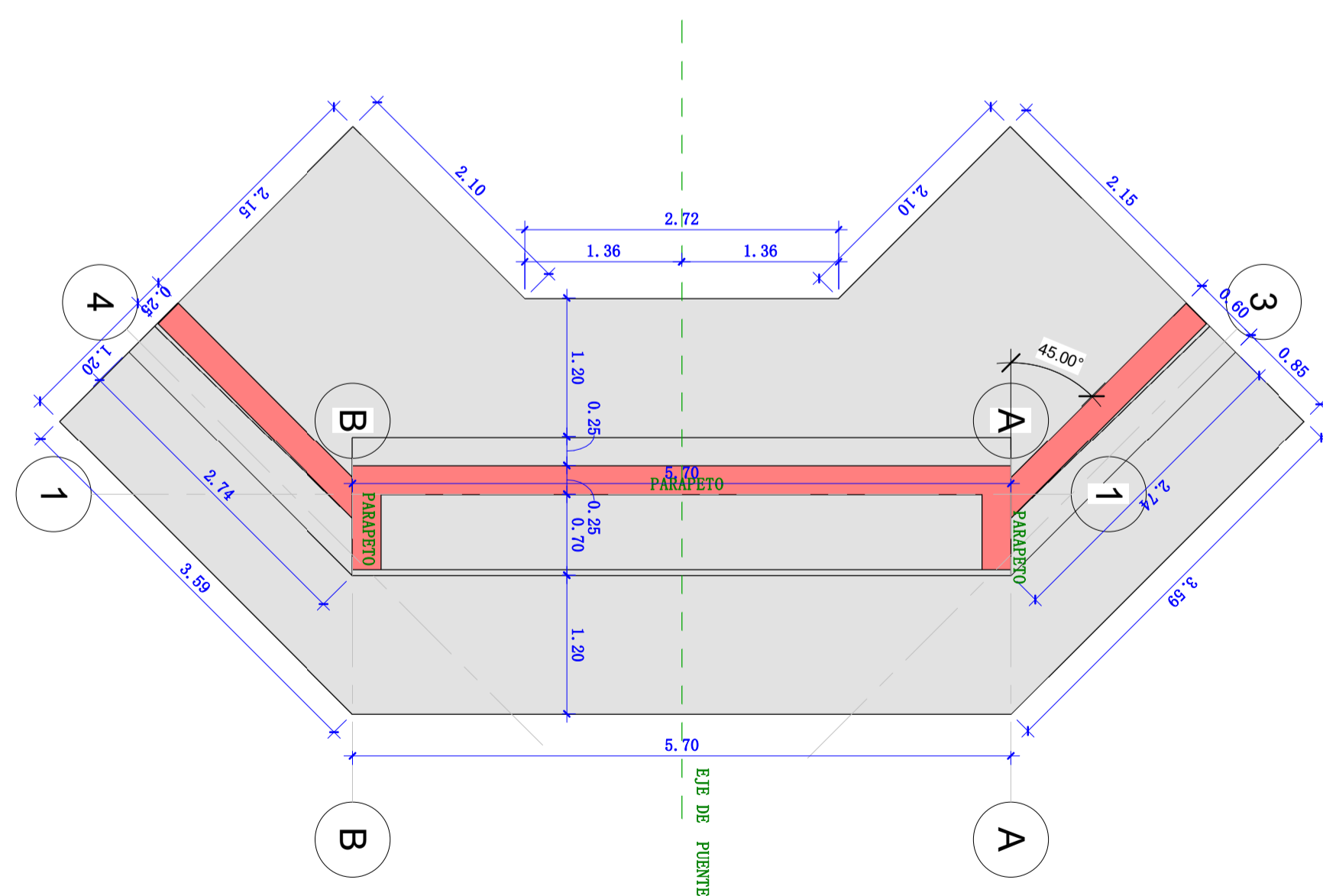
ELEVACION DE ESTRIBO IZQUIERDO - GEOMETRIA
Esc. 1:25



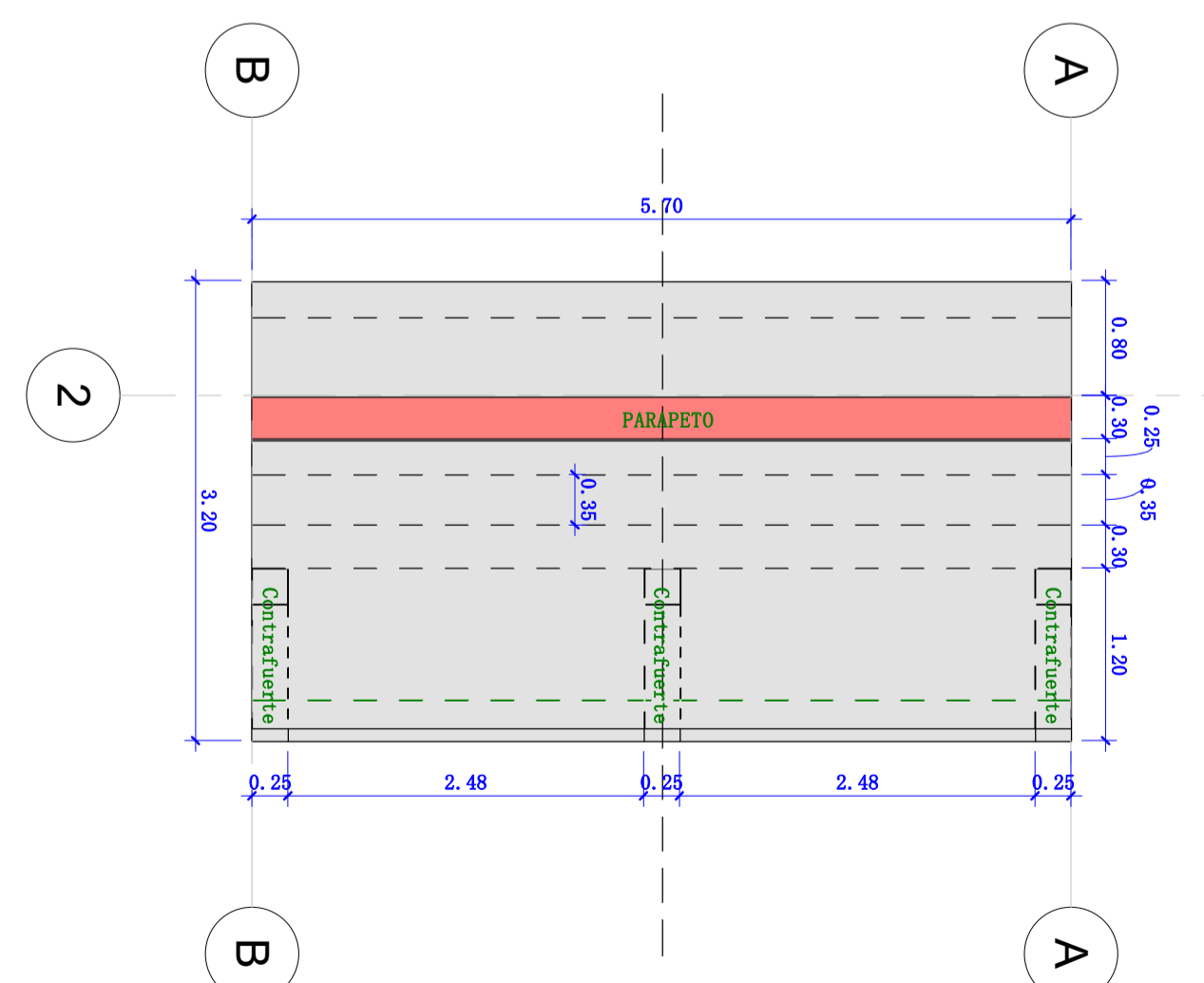
ELEVACION DE ESTRIBO DERECHO - GEOMETRIA
Esc. 1:25



ELEVACION DE ALERO IZQUIERDO Y DERECHO DEL
ESTRIBO IZQUIERDO - GEOMETRIA
Esc. 1:25



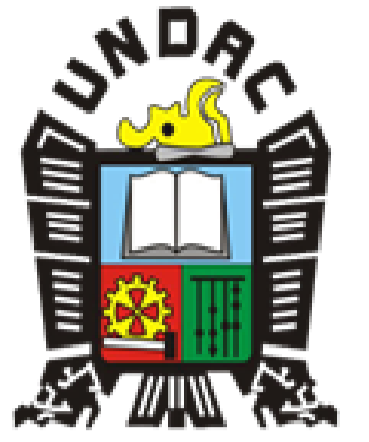
PLANTA ESTRIBOS IZQUIERDO - GEOMETRIA
Esc. 1:50



PLANTA ESTRIBOS DERECHO - GEOMETRIA
Esc. 1:50

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA
ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| CONCRETO ARMADO | |
| TABLERO Y/O LOSA | f'c = 280 kg / cm ² |
| ESTRIBOS Y ALEROS | f'c = 280 kg / cm ² |
| LOSA DE APROXIMACION | f'c = 280 kg / cm ² |
| VEREDAS | f'c = 280 kg / cm ² |
| CONCRETO SIMPLE | |
| SOLADO DE CONCRETO SIMPLE | f'c = 175 kg / cm ² |
| ACERO DE REFUERZO | |
| ACERO DE REFUERZO | fy = 4200 kg / cm ² |
| CONCRETO ARMADO | |
| LOSA: CAPA SUPERIOR | 4.00 cm |
| LOSA: CAPA INFERIOR | 3.00 cm |
| MUROS DE ESTRIBOS Y ALEROS | 5.00 cm |
| LOSA DE APROXIMACION | 3.00 cm |
| VEREDAS | 3.00 cm |
| CIMENTACION | 7.50 cm |
| SOBRECARGA | |
| SOBRECARGA DE DISEÑO | HL-93 (ASSHTO LRFD) |



Proyecto:
REFUERZO ESTRUCTURAL PARA LA DEMOLICIÓN PARCIAL DE ESTRIBOS Y ZAPATAS OPTIMIZANDO LA RESISTENCIA Y ESTABILIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE UN PUENTE – CAJAMARQUILLA 2023

C.P/ DISTRITO:
CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:
PASCO

REGION:
PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:
PUENTE

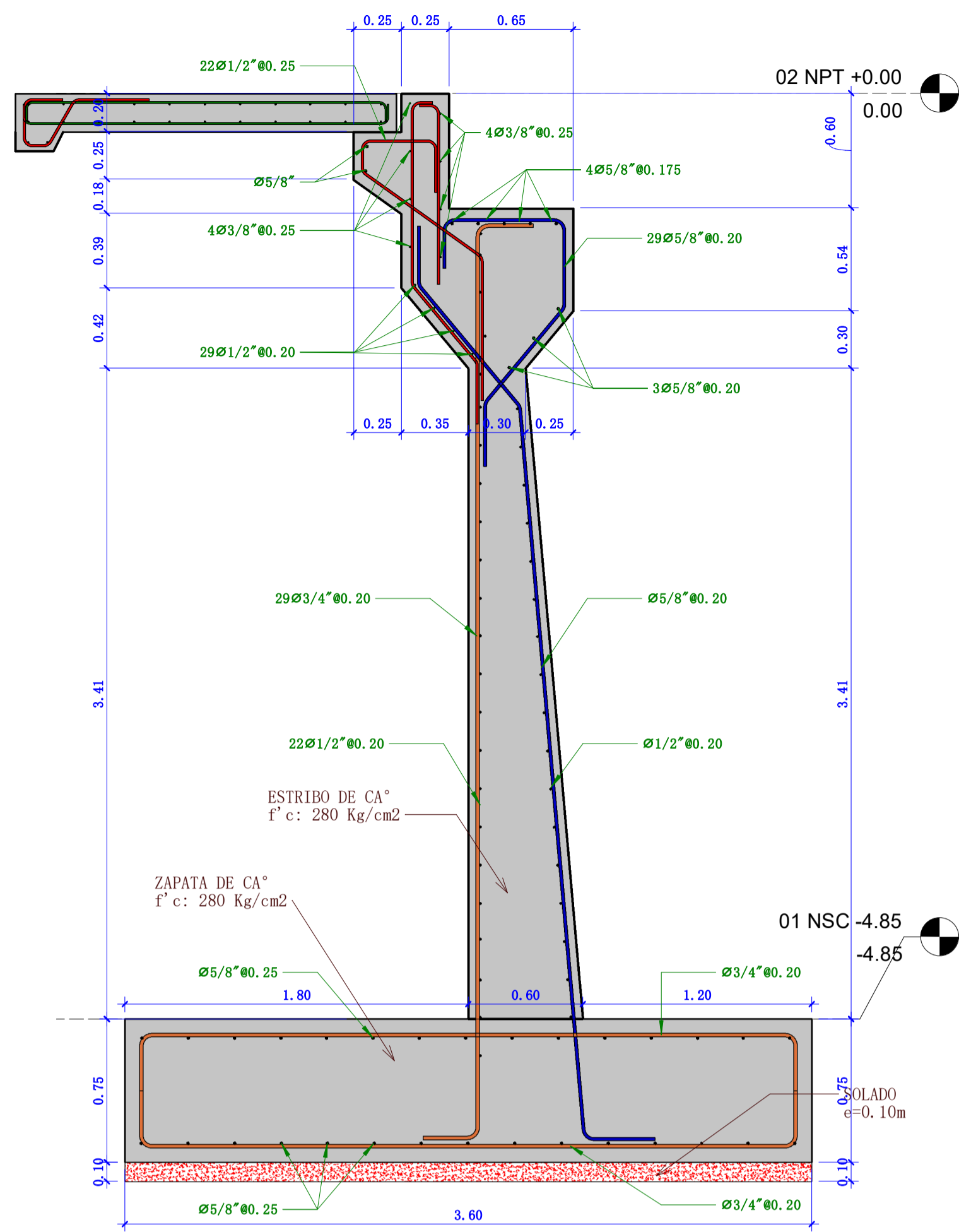
ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURA

PLANO:
REFUERZO DE ESTRIBOS Y ALERO

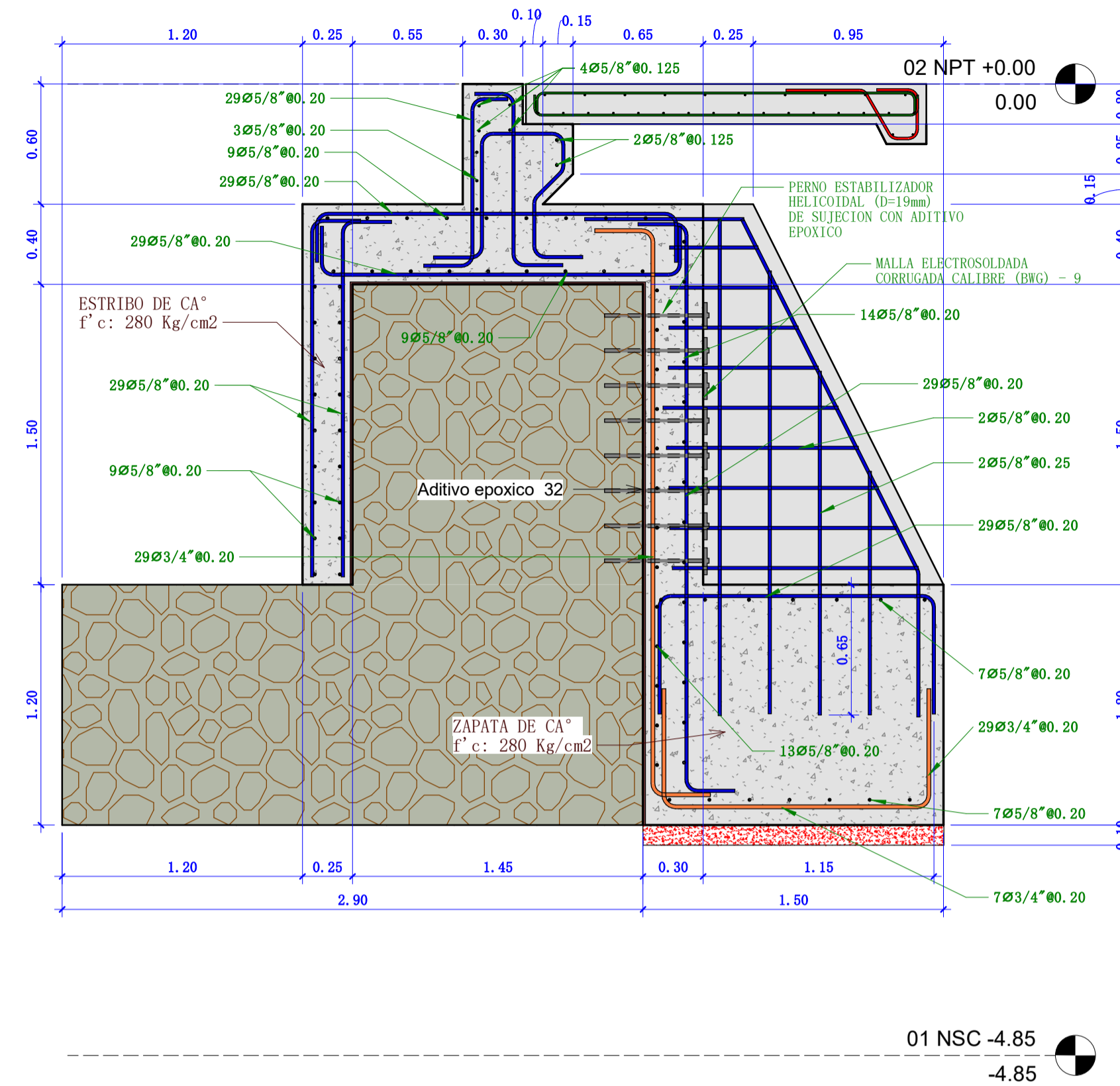
NUMERO DE LAMINA:

PE-02

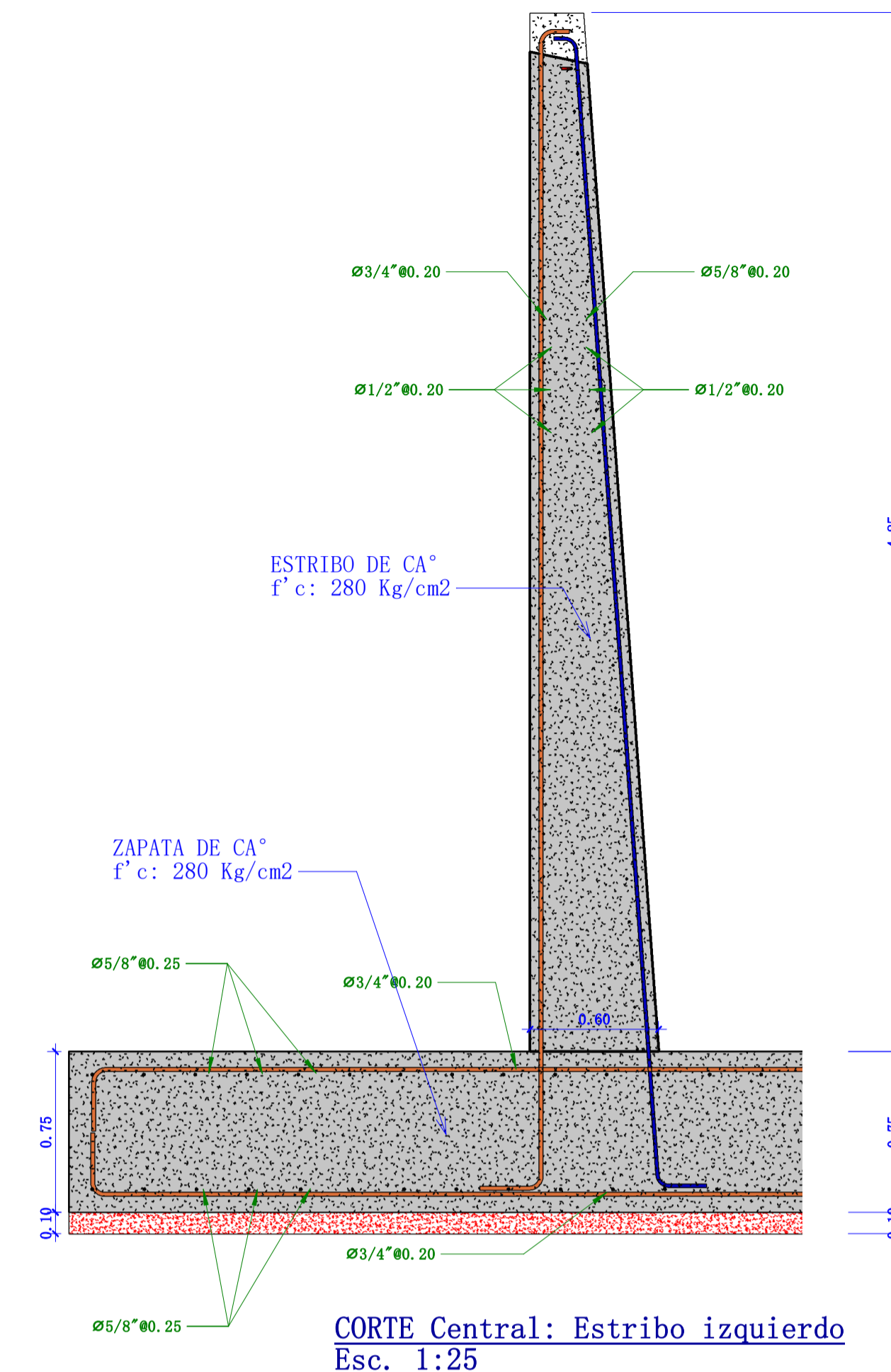
ESCALA: 1 : 25



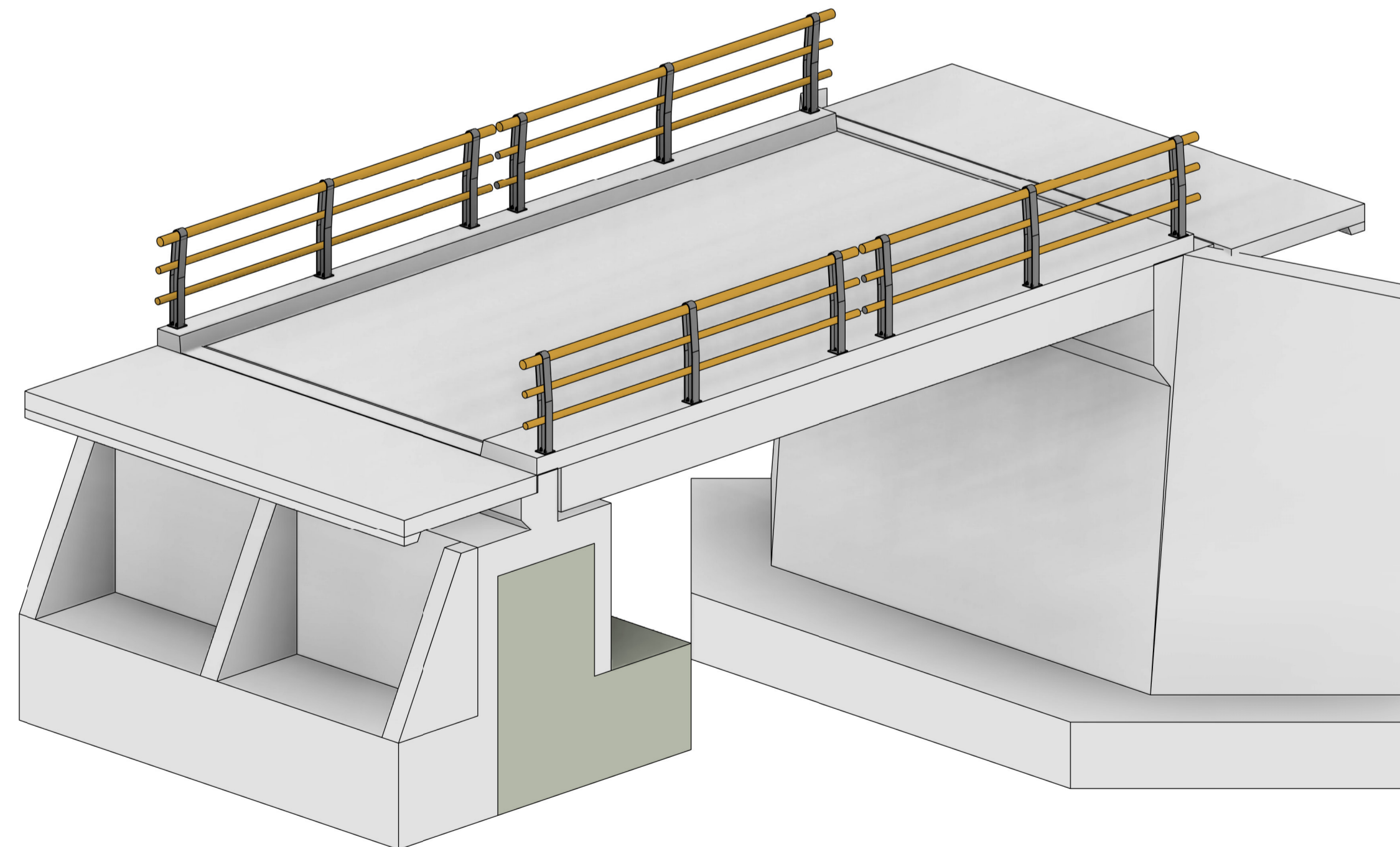
CORTE Central: Estribo derecho
Esc. 1:25



CORTE Central: Estribo izquierdo
Esc. 1:25



CORTE Central: Estribo izquierdo
Esc. 1:25

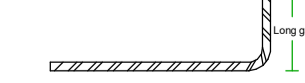
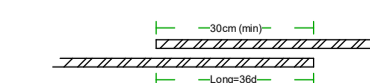


ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| CONCRETO ARMADO | |
| TABLERO Y/O LOSA | f'c = 280 kg / cm ² |
| ESTRIBOS Y ALEROS | f'c = 280 kg / cm ² |
| LOSA DE APROXIMACION | f'c = 280 kg / cm ² |
| VEREDAS | f'c = 280 kg / cm ² |
| CONCRETO SIMPLE | |
| SOLADO DE CONCRETO SIMPLE | f'c = 175 kg / cm ² |
| ACERO DE REFUERZO | |
| ACERO DE REFUERZO | fy = 4200 kg / cm ² |
| CONCRETO ARMADO | |
| LOSA: CAPA SUPERIOR | 4.00 cm |
| LOSA: CAPA INFERIOR | 3.00 cm |
| MUROS DE ESTRIBOS Y ALEROS | 5.00 cm |
| LOSA DE APROXIMACION | 3.00 cm |
| VEREDAS | 3.00 cm |
| CIMENTACION | 7.50 cm |
| SOBRECARGA | |
| SOBRECARGA DE DISEÑO | HL-93 (ASSHTO LRFD) |

| Ø | LONGITUD DE EMPALME (Cm) | | LONGITUD DE GANCHO (Cm) | | Long. (Cm) |
|------|---|---|---|---|------------|
| | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm ² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 280 kg/cm ² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm ² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 280 kg/cm ² | |
| 3/8" | 29.00 | 25.00 | 55.00 | 47.00 | 11.00 |
| 1/2" | 38.00 | 34.00 | 73.00 | 62.00 | 15.00 |
| 5/8" | 48.00 | 42.00 | 91.00 | 78.00 | 19.00 |
| 3/4" | 57.00 | 49.00 | 109.00 | 94.00 | 23.00 |
| 1" | 77.00 | 66.00 | 182.00 | 155.00 | 30.00 |

No se deberá traslapar más del 50% del refuerzo de una capa en una misma sección transversal. Se recomienda revisar los detalles correspondientes.





Proyecto:
**REFUERZO ESTRUCTURAL
PARA LA DEMOLICIÓN
PARCIAL DE ESTRIBOS Y
ZAPATAS OPTIMIZANDO LA
RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA
RECONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE UN
PUENTE –
CAJAMARQUILLA 2023**

C.P/ DISTRITO:
CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:
PASCO
REGION:
PASCO

DIBUJO:

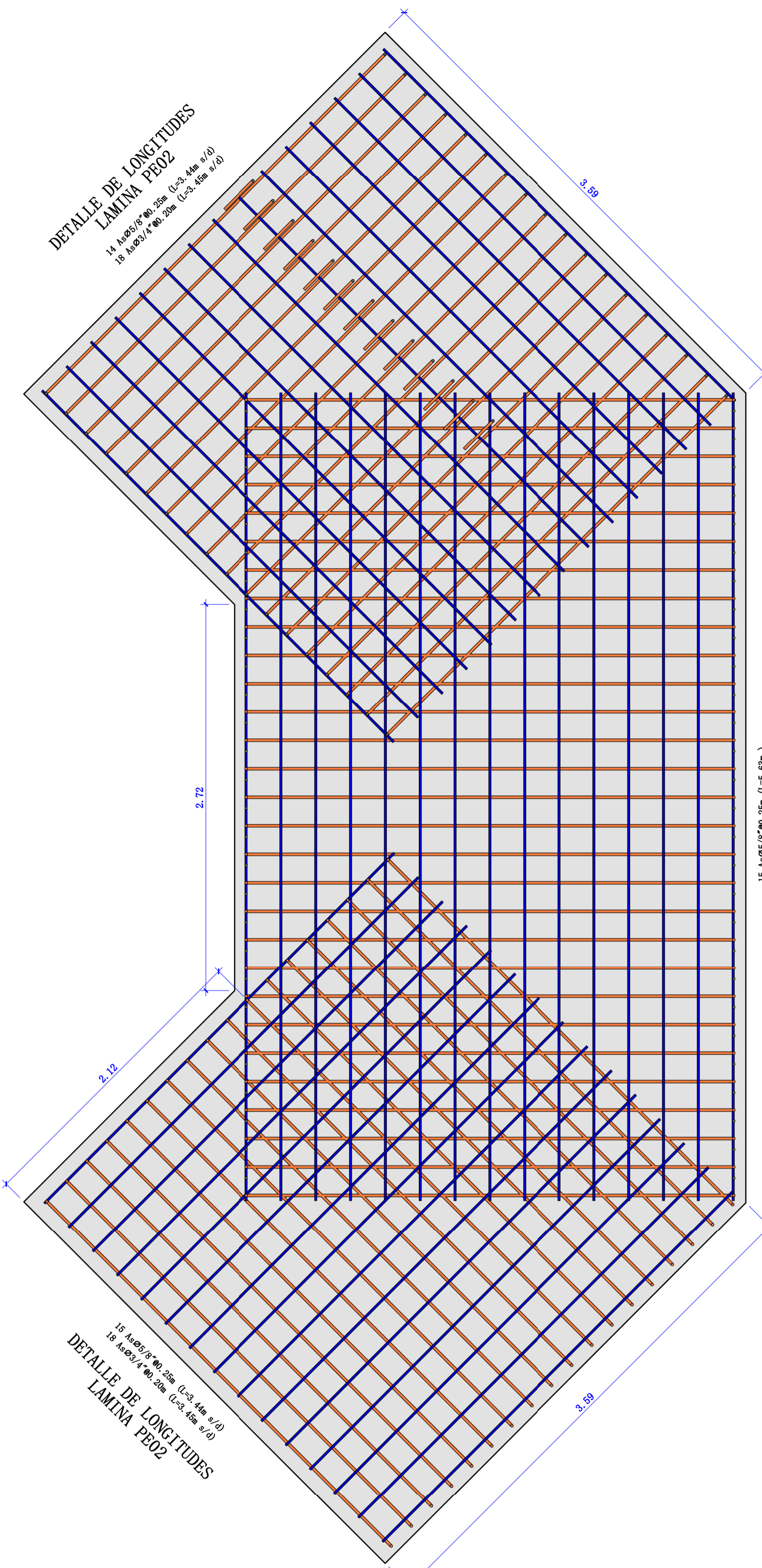
Infraestructura:
PUENTE
ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURA

PLANO:
REFUERZO DE CIMENTOS

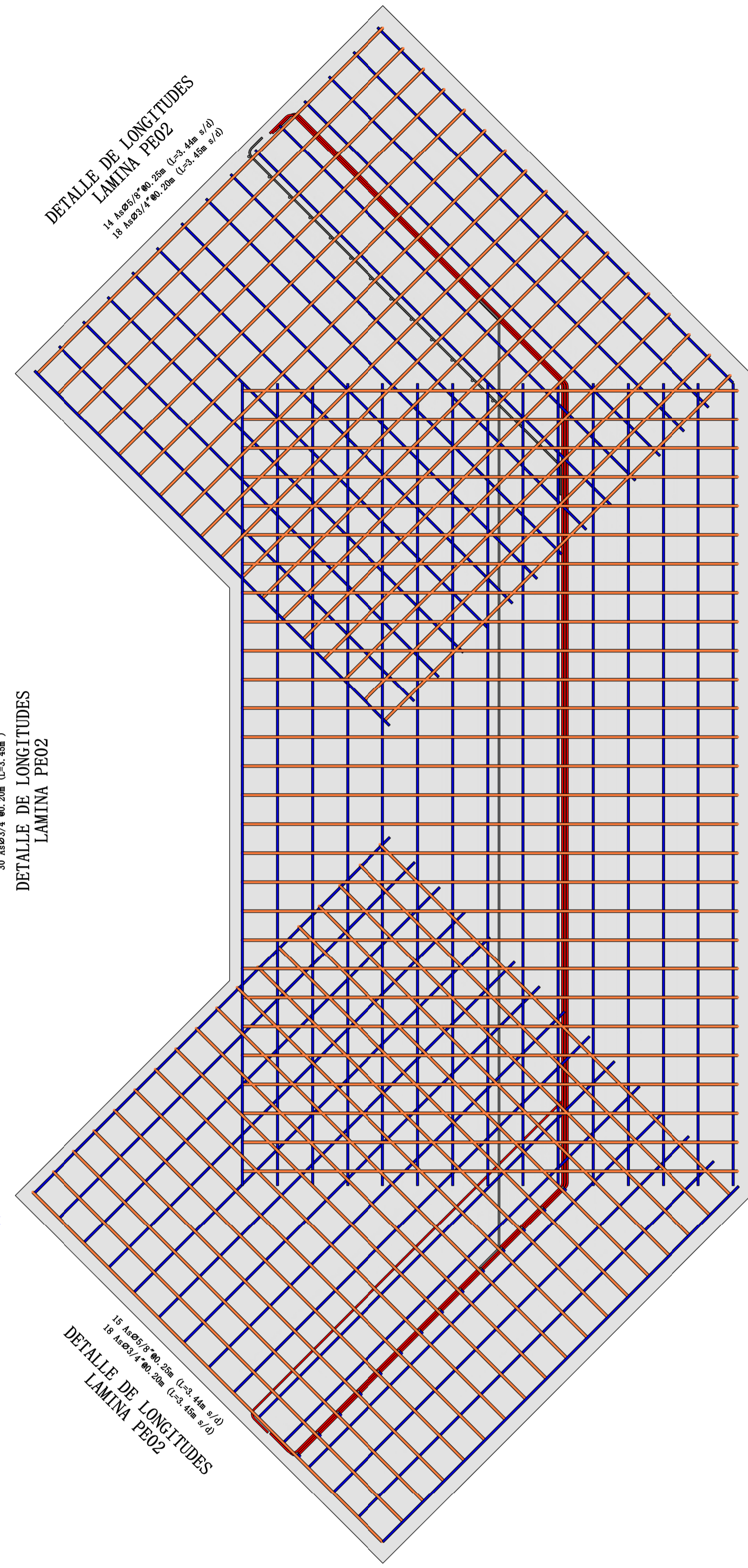
NUMERO DE LAMINA:

PE-03

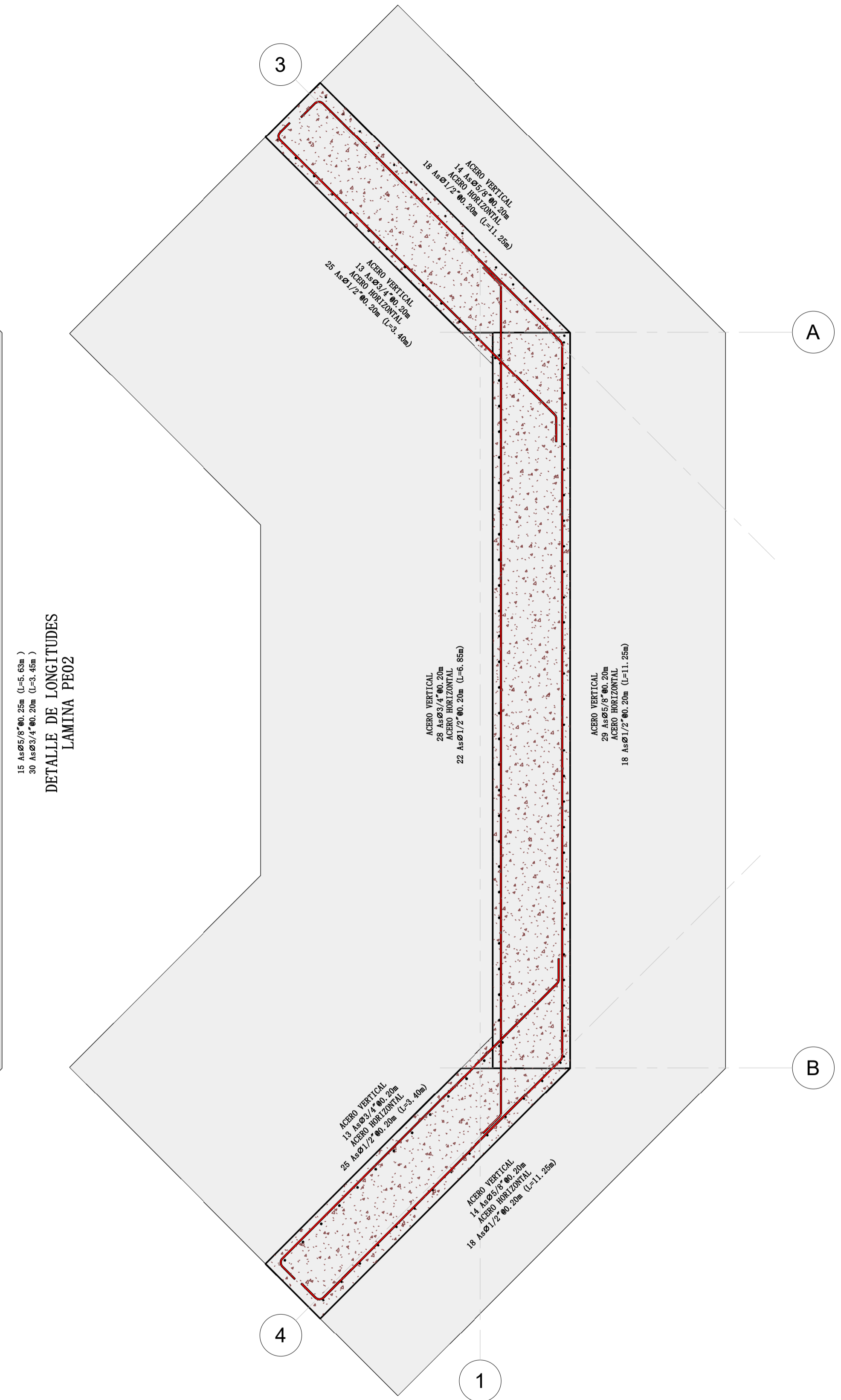
ESCALA: **1 : 25**



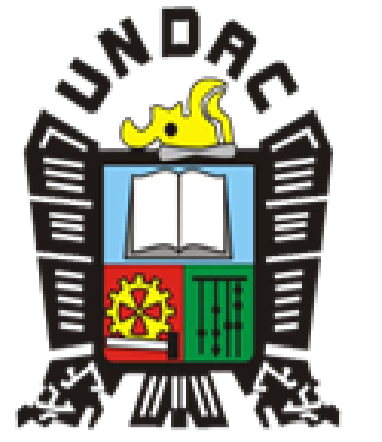
DETALLE ACERO INFERIOR EN ZAPATA
ESTRIBO DERECHO
Esc. 1:25



DETALLE ACERO INFERIOR EN ZAPATA
ESTRIBO DERECHO
Esc. 1:25



DETALLE ACERO INFERIOR EN ESTRIBO
ESTRIBO DERECHO
Esc. 1:25



Proyecto:
**REFUERZO ESTRUCTURAL
PARA LA DEMOLICIÓN
PARCIAL DE ESTRIBOS Y
ZAPATAS OPTIMIZANDO LA
RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA
RECONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE UN
PUENTE –
CAJAMARQUILLA 2023**

C.P/ DISTRITO:
CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:
PASCO
REGION:
PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:
PUENTE

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURA

PLANO:
REFUERZO DE LOSA CA°

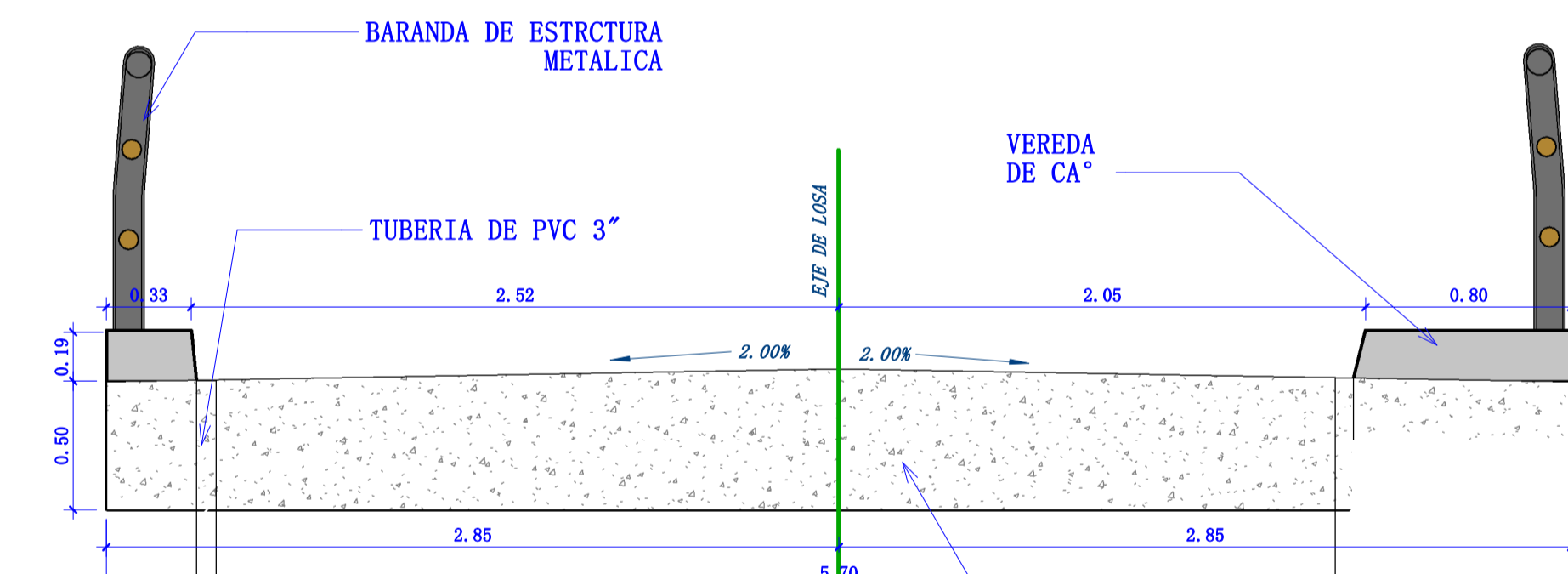
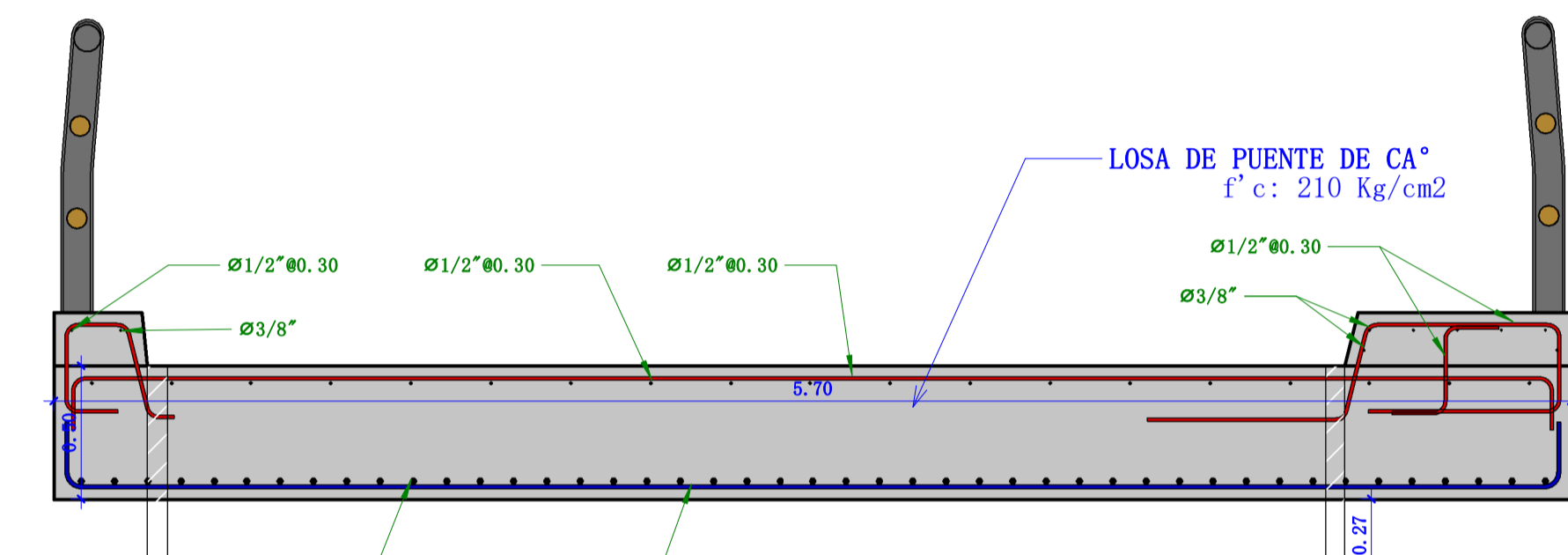
NUMERO DE LAMINA:

PE-04

ESCALA: 1 : 25

| Ø | LONGITUD DE EMPALME (Cm) | | | | LONGITUD DE GANCHO (Cm) |
|------|---|-------|---|--------|-------------------------|
| | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm² f'c = 280 kg/cm² | | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm² f'c = 280 kg/cm² | | Long. (Cm) |
| 3/8" | 29.00 | 25.00 | 55.00 | 47.00 | 11.00 |
| 1/2" | 38.00 | 34.00 | 73.00 | 62.00 | |
| 5/8" | 48.00 | 42.00 | 91.00 | 78.00 | 19.00 |
| 3/4" | 57.00 | 49.00 | 109.00 | 94.00 | 23.00 |
| 1" | 77.00 | 66.00 | 182.00 | 155.00 | 30.00 |

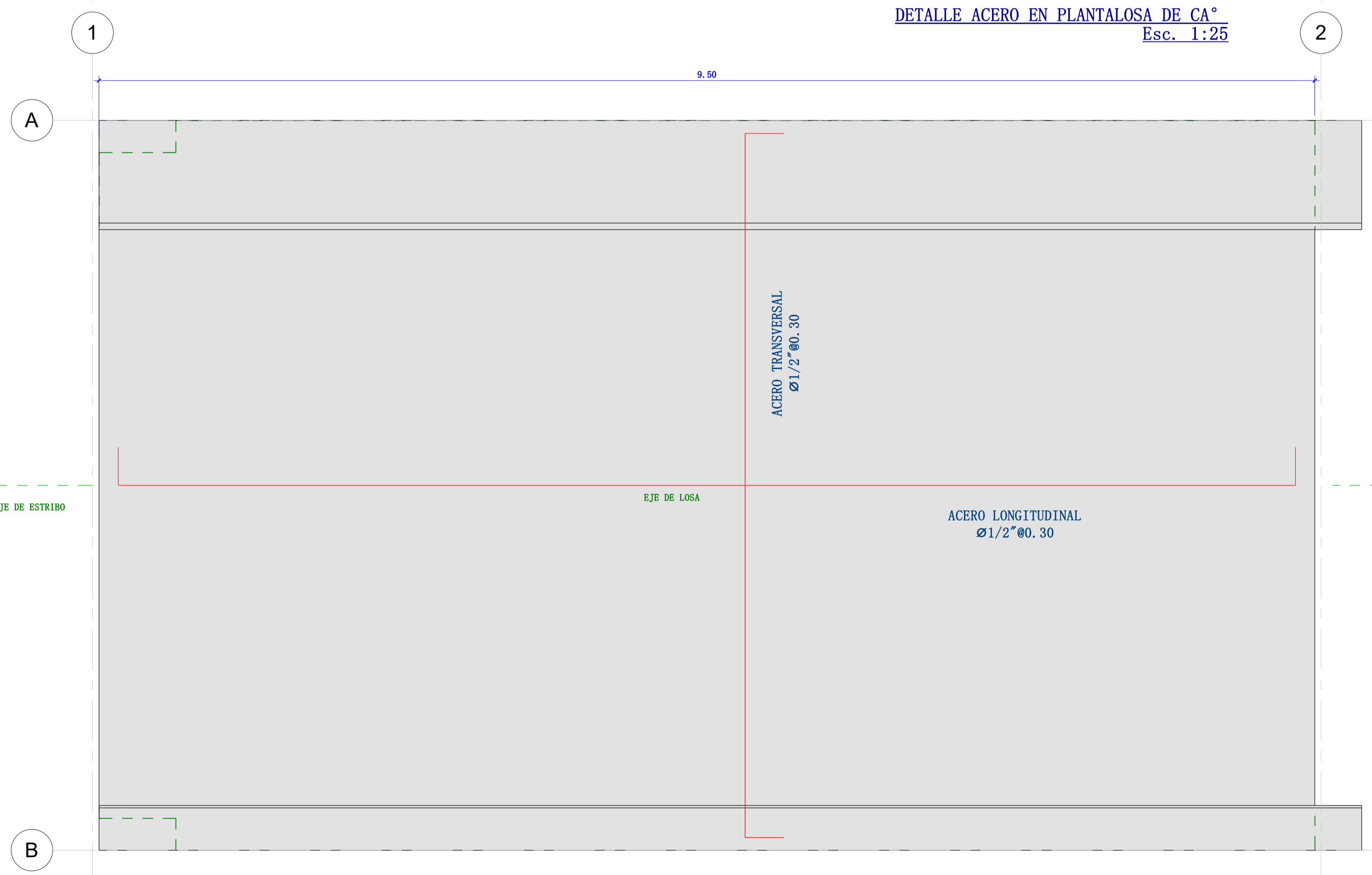
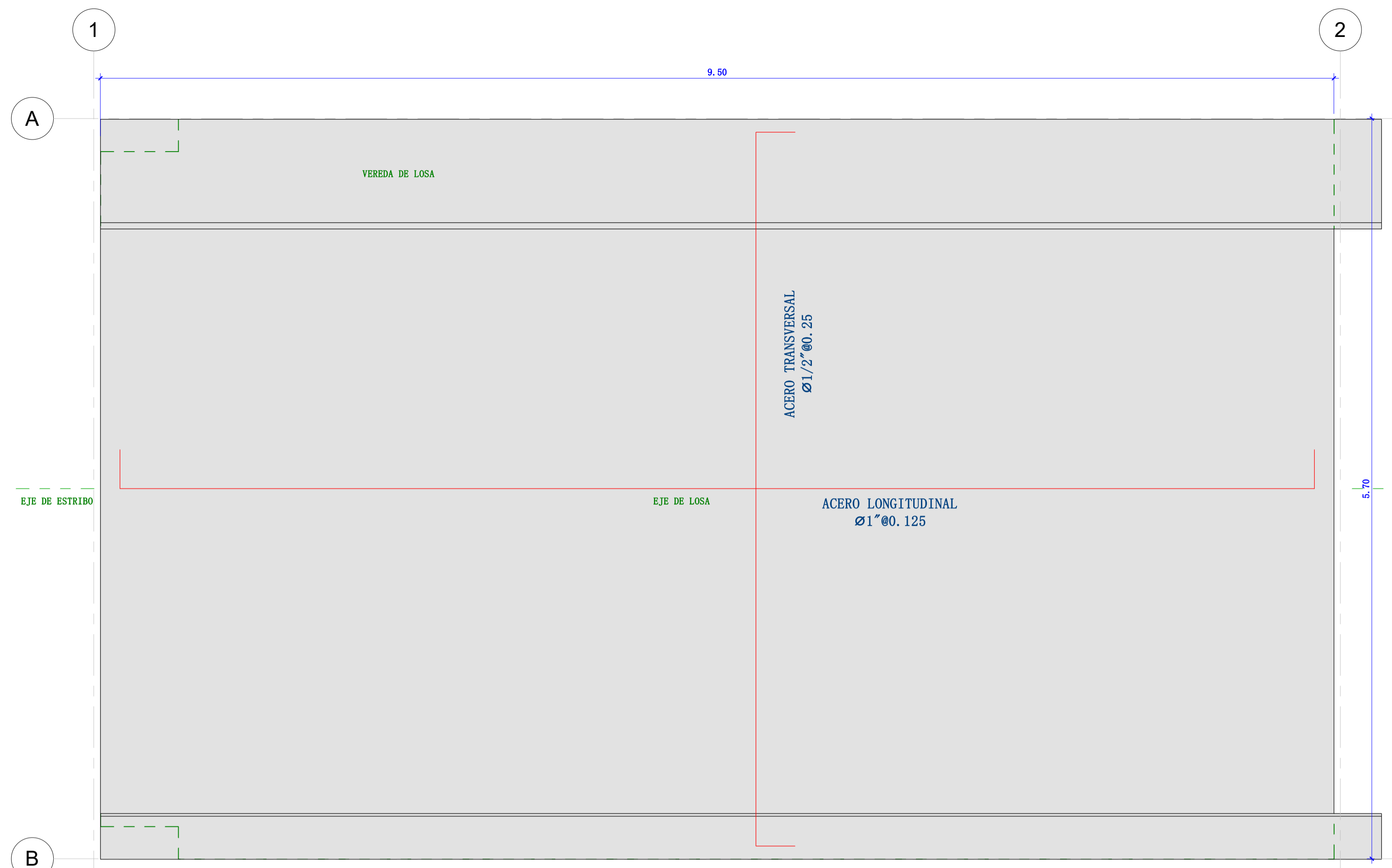
No se deberá traslapar más del 50% del refuerzo de una capa en una misma sección transversal. Se recomienda revisar los detalles correspondientes.

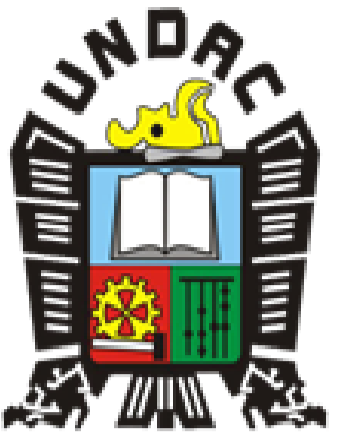


DETALLE ACERO LOSA DE CA°
Esc. 1:25

| ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO | |
|--|---------------------|
| CONCRETO ARMADO | |
| TABLERO Y/O LOSA | f'c = 280 kg / cm² |
| ESTRIBOS Y ALEROS | f'c = 280 kg / cm² |
| LOSA DE APROXIMACIÓN | f'c = 280 kg / cm² |
| VEREDAS | f'c = 280 kg / cm² |
| CONCRETO SIMPLE | |
| SOLADO DE CONCRETO SIMPLE | f'c = 175 kg / cm² |
| ACERO DE REFUERZO | |
| ACERO DE REFUERZO | fy = 4200 kg / cm² |
| CONCRETO ARMADO | |
| LOSA: CAPA SUPERIOR | 4.00 cm |
| LOSA: CAPA INFERIOR | 3.00 cm |
| MUROS DE ESTRIBOS Y ALEROS | 5.00 cm |
| LOSA DE APROXIMACIÓN | 3.00 cm |
| VEREDAS | 3.00 cm |
| CIMENTACION | 7.50 cm |
| SOBRECARGA | |
| SOBRECARGA DE DISEÑO | HL-93 (ASSHTO LRFD) |

DETALLE ACERO EN PLANTALOSA DE CA°
Esc. 1:25





Proyecto:

REFUERZO ESTRUCTURAL PARA LA DEMOLICIÓN PARCIAL DE ESTRIBOS Y ZAPATAS OPTIMIZANDO LA RESISTENCIA Y ESTABILIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE UN PUENTE – CAJAMARQUILLA 2023

C.P/ DISTRITO:

CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:

PASCO

REGION:

PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:

PUENTE

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURA

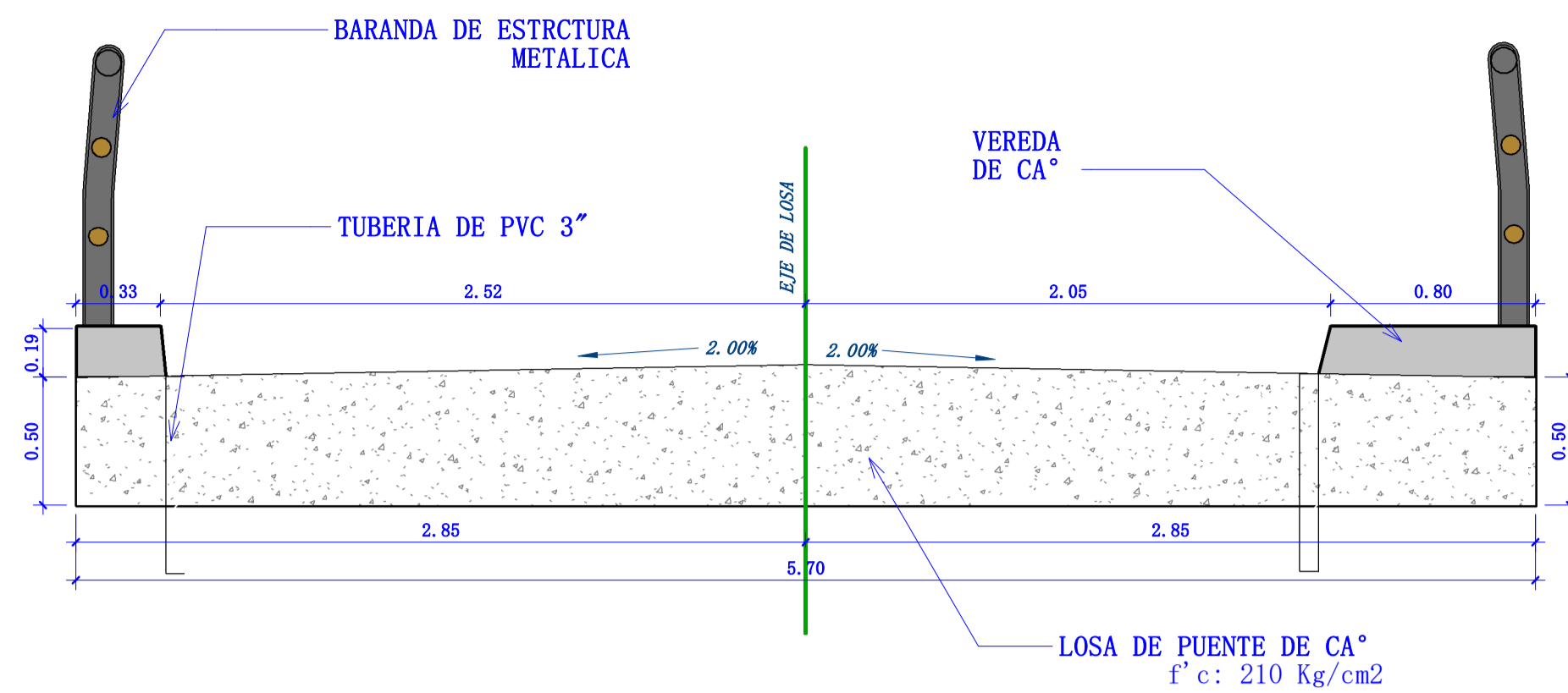
PLANO:

REFUERZO DE LOSA DE APROXIMACION

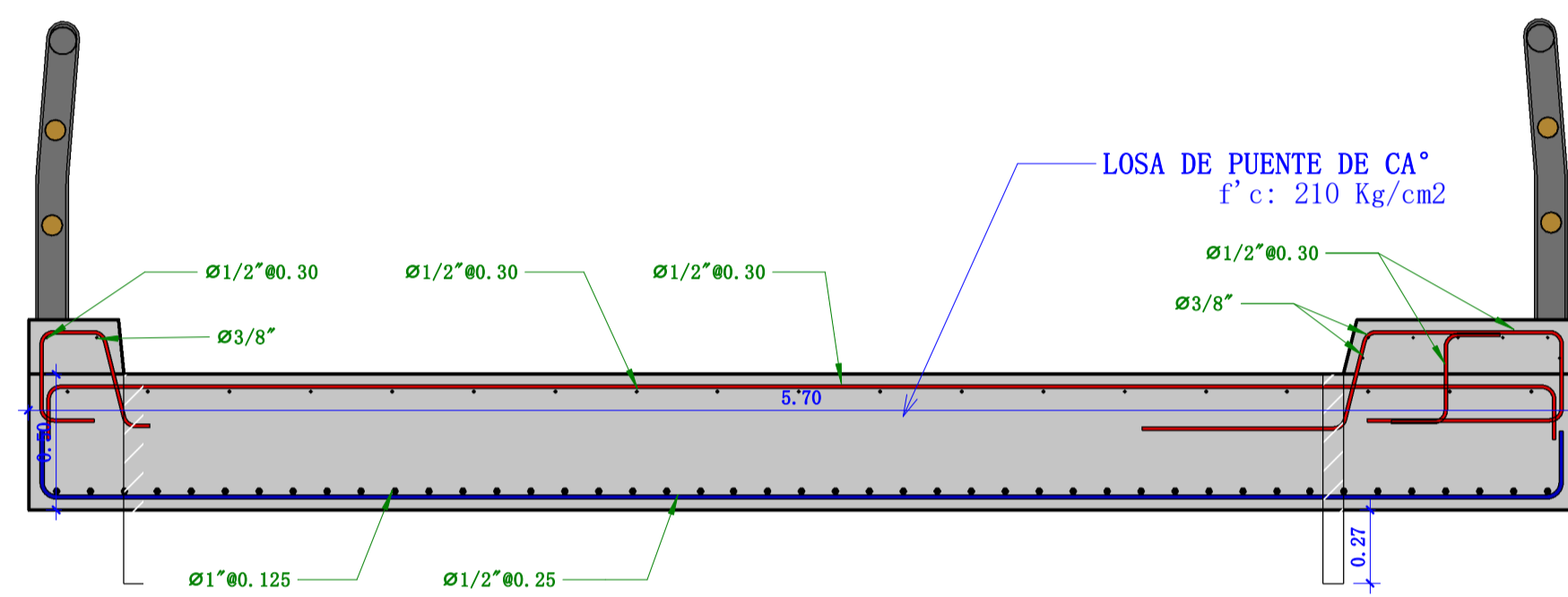
NUMERO DE LAMINA:

PE-05

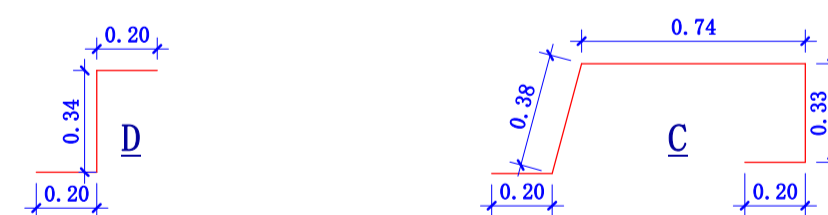
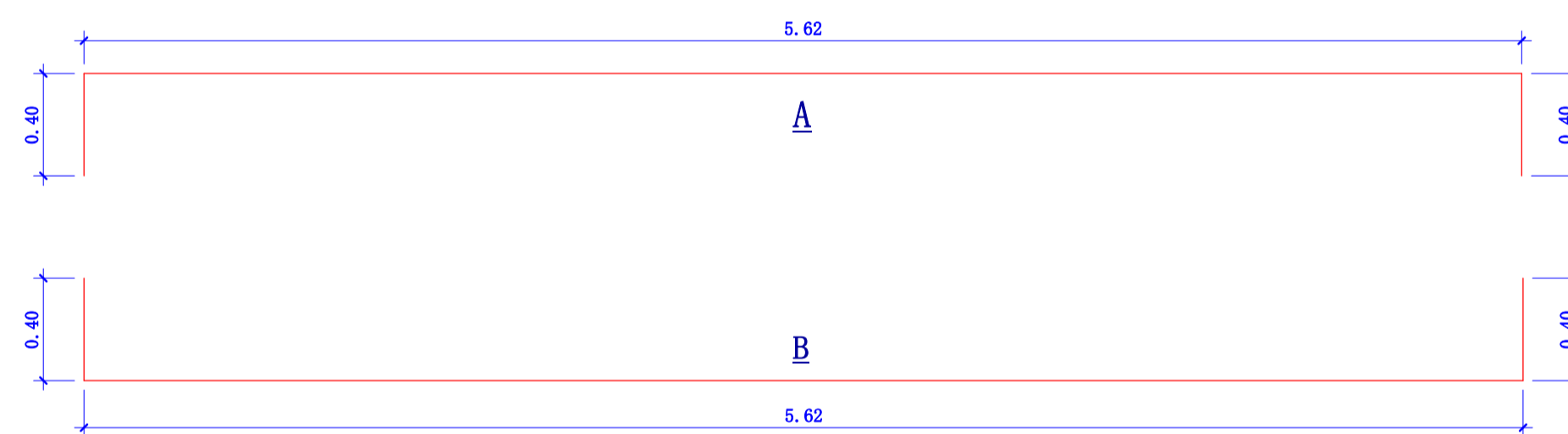
ESCALA: Como se indica



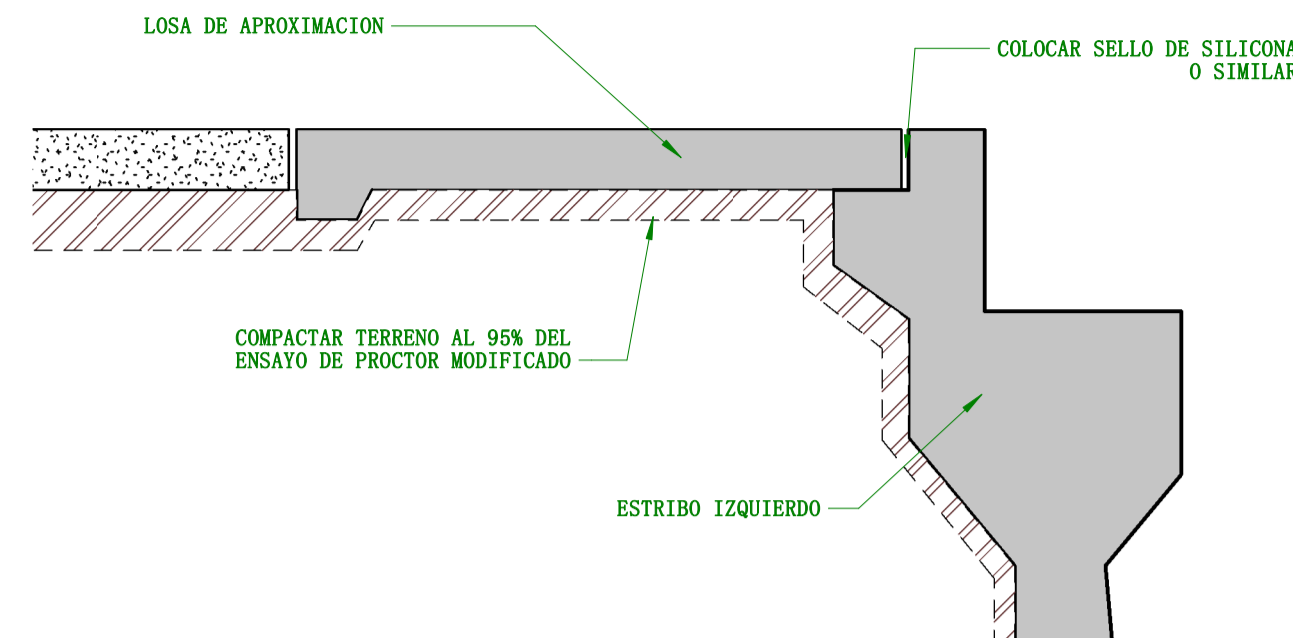
SECCION TRANSVERSAL DE PUENTE - GEOMETRIA
Esc. 1:25



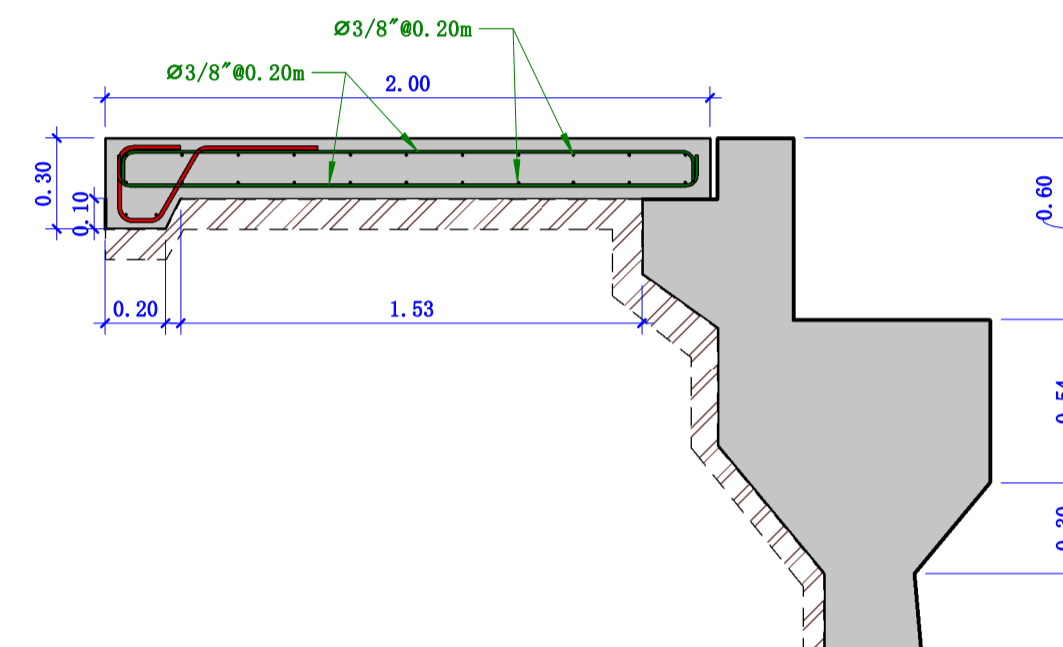
SECCION TRANSVERSAL DE PUENTE - REFUERZO
Esc. 1:25



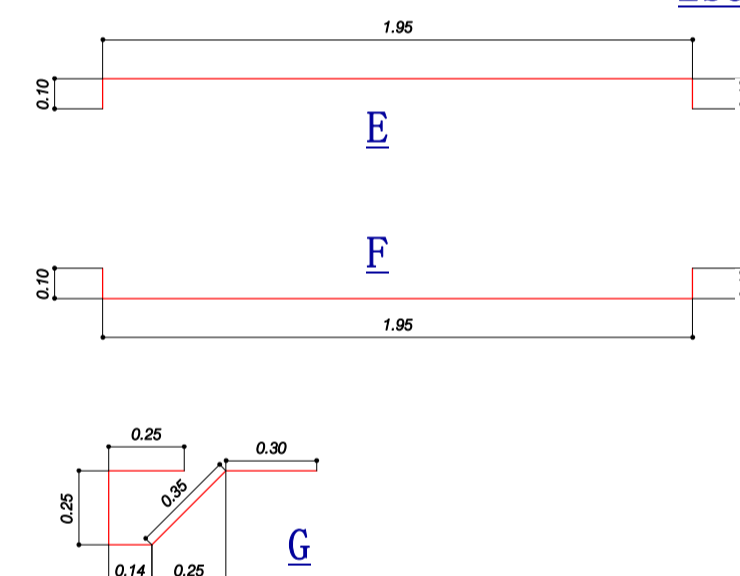
DETALLE DE ACERO
Esc. 1:25



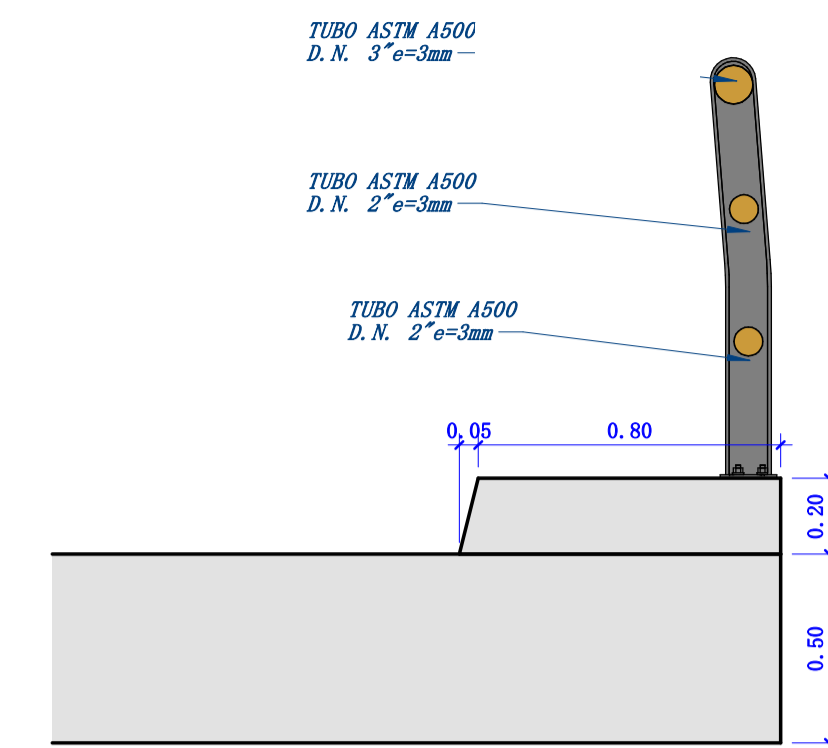
SECCION TRANSVERSAL LOSA DE APROXIMACION - GEOMETRIA
Esc. 1:25



SECCION TRANSVERSAL LOSA DE APROXIMACION - REFUERZO
Esc. 1:25



DETALLE DE ACERO
Esc. 1:25



DETALLE DE BARNADAS
Esc. 1:20

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA PINTURA EN LA BARRANDA

PINTURA EPOXICA

| | | |
|-------------------|---|-----------------|
| TIPO | : | EPOXICOS |
| DENSIDAD | : | Kg/gal. 5.6-5.8 |
| COLOR | : | Naranjado |
| SOLIDOS EN PESO | : | 68 % minimo |
| SOLIDO EN VOLUMEN | : | 44-52 |
| LIMPIEZA | : | Disolvente |

DISOLVENTE PARA PINTURA DE TRAFICO

| | | |
|-------------------|---|--------------|
| COLOR | : | Transparente |
| ASPECTO | : | LIQUIDO |
| DENSIDAD (kg/gln) | : | 3.07-3.23 |

RECOMENDACIONES

- LA SUPERFICIE DEBE ESTAR LIMPIA, SECA, SIN OXIDO NI GRASA O PINTURAS SUELTAS ANTERIORES.
- SE DEBE RESANAR MUY BIEN ANTES DE APLICAR EL RECUBRIMIENTO.
- LA LIMPIEZA SE HACE UTILIZANDO AGUA A PRESION, ESCOBAS MANUALES O MECANICAS, CEPILLOS O AIRE A PRESION.
- PARA USO SOBRE CONCRETO NEUTRALIZAR PREVIAMENTE LA SUPERFICIE EN UNA SOLUCION DE ACIDO MURCIATICO AL 10%, ENJUAGAR MUY BIEN CON AGUA Y DEJAR SECAR.
- LOS METALES DEBEN ESTAR PROTEGIDOS CON UN ATICORROSIVO APROPIADO DE ACUERDO A LAS CONDICIONES QUE DEBEN SOPORTAR.

| Ø | LONGITUD DE EMPALME (Cm) | | LONGITUD DE GANCHO (Cm) | | Long. (Cm) |
|------|---|---|---|---|------------|
| | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 280 kg/cm² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 210 kg/cm² | ELEMENTOS EN COMPRESION f'c = 280 kg/cm² | |
| 3/8" | 29.00 | 25.00 | 55.00 | 47.00 | 11.00 |
| 1/2" | 38.00 | 34.00 | 73.00 | 62.00 | 15.00 |
| 5/8" | 48.00 | 42.00 | 91.00 | 78.00 | 19.00 |
| 3/4" | 57.00 | 49.00 | 109.00 | 94.00 | 23.00 |
| 1" | 77.00 | 66.00 | 182.00 | 155.00 | 30.00 |

No se deberá traslapar más del 50% del refuerzo de una capa en una misma sección transversal. Se recomienda revisar los detalles correspondientes.

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

CONCRETO ARMADO

| | | |
|----------------------|---|--------------------|
| TABLERO Y/O LOSA | : | f'c = 280 kg / cm² |
| ESTRIBOS Y ALEROS | : | f'c = 280 kg / cm² |
| LOSA DE APROXIMACION | : | f'c = 280 kg / cm² |
| VEREDAS | : | f'c = 280 kg / cm² |

CONCRETO SIMPLE

| | | |
|---------------------------|---|--------------------|
| SOLADO DE CONCRETO SIMPLE | : | f'c = 175 kg / cm² |
|---------------------------|---|--------------------|

ACERO DE REFUERZO

| | | |
|-------------------|---|--------------------|
| ACERO DE REFUERZO | : | fy = 4200 kg / cm² |
|-------------------|---|--------------------|

CONCRETO ARMADO

| | | |
|----------------------------|---|---------|
| LOSA: CAPA SUPERIOR | : | 4.00 cm |
| LOSA: CAPA INFERIOR | : | 3.00 cm |
| MUROS DE ESTRIBOS Y ALEROS | : | 5.00 cm |
| LOSA DE APROXIMACION | : | 3.00 cm |
| VEREDAS | : | 3.00 cm |
| CIMENTACION | : | 7.50 cm |

SOBRECARGA

| | | |
|----------------------|---|---------------------|
| SOBRECARGA DE DISEÑO | : | HL-93 (ASSHTO LRFD) |
|----------------------|---|---------------------|



Proyecto:
**REFUERZO ESTRUCTURAL
PARA LA DEMOLICIÓN
PARCIAL DE ESTRIBOS Y
ZAPATAS OPTIMIZANDO LA
RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA
RECONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE UN
PUENTE –
CAJAMARQUILLA 2023**

C.P/ DISTRITO:
CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:
PASCO
REGION:
PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:
PUENTE

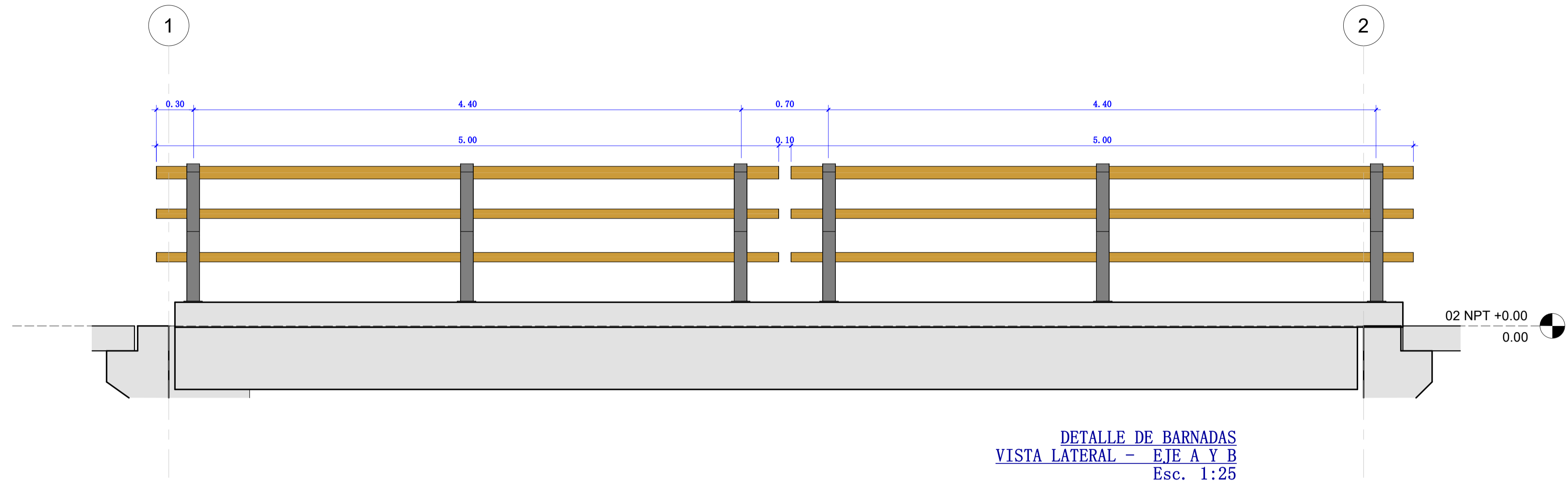
ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURA

PLANO:
DETALLE DE BARANDAS

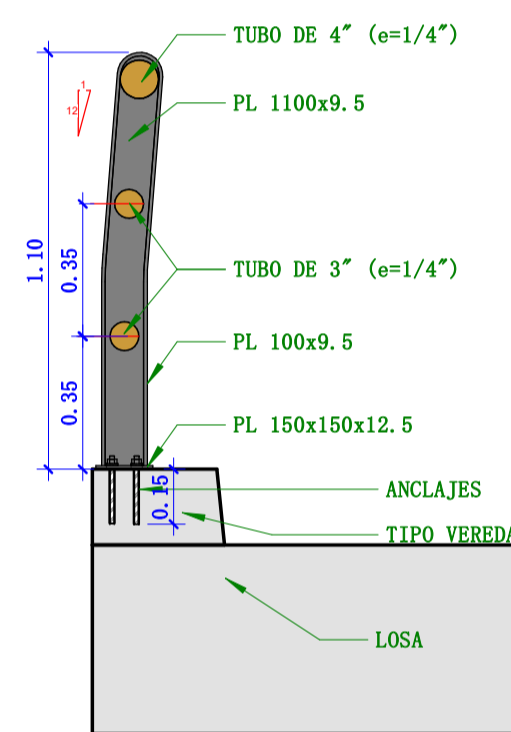
NUMERO DE LAMINA:

PE-06

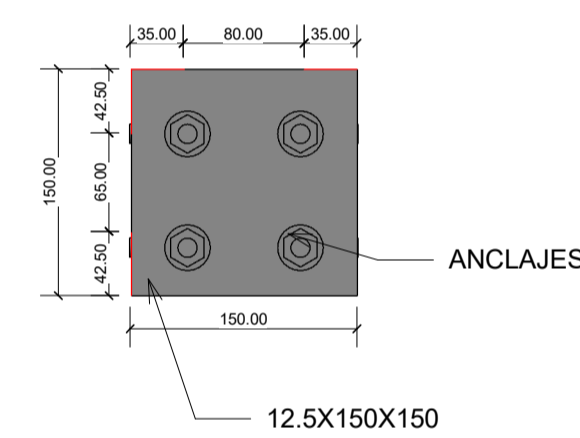
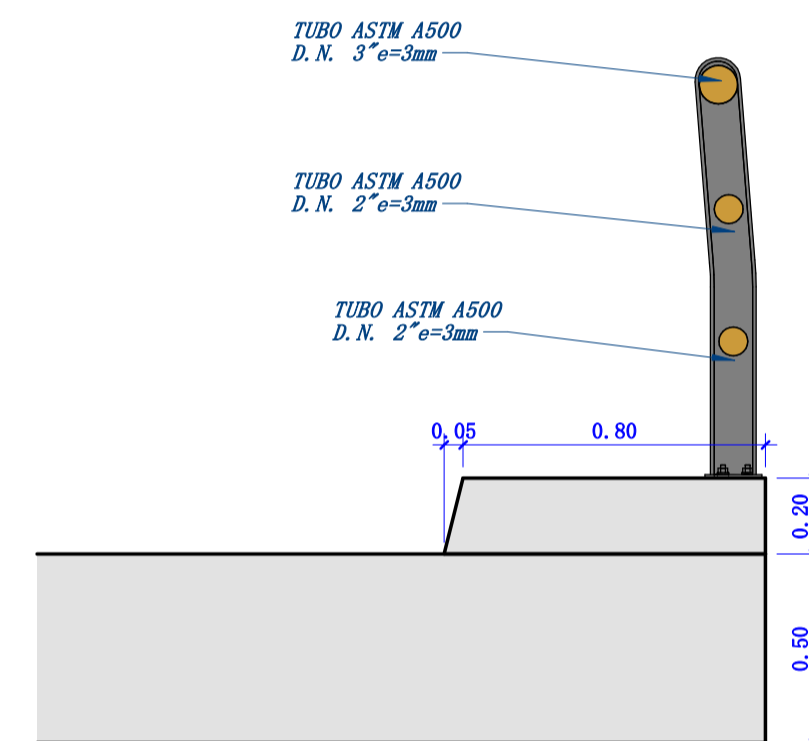
ESCALA: Como se indica



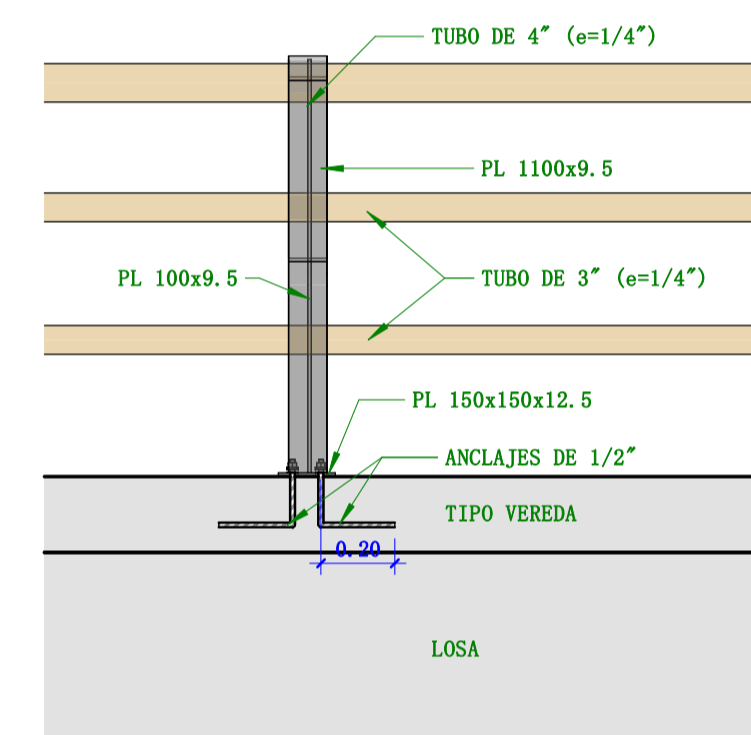
DETALLE DE BARNADAS
VISTA LATERAL - EJE A Y B
Esc. 1:25



DETALLE DE BARANDAS - ELEVACION TRANSVERSAL
MONTANTE Y ANCLAJE
Esc. 1:20



DETALLE DE PLANCHA
DE FIJACION
Esc. 1:5



DETALLE DE BARNADAS - ELEVACION LONG.
MONTANTE Y FIJACION
Esc. 1:20

**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA
PINTURA EN LA BARANDA**

PINTURA EPOXICA

| | | |
|-------------------|---|-----------------|
| TIPO | : | EPOXICOS |
| DENSIDAD | : | Kg/gal. 5.6-5.8 |
| COLOR | : | Naranjado |
| SOLIDOS EN PESO | : | 68 % minimo |
| SOLIDO EN VOLUMEN | : | 44-52 |
| LIMPIEZA | : | Disolvente |

DISOLVENTE PARA PINTURA DE TRAFICO

| | | |
|-------------------|---|--------------|
| COLOR | : | Transparente |
| ASPECTO | : | LIQUIDO |
| DENSIDAD (kg/gln) | : | 3.07-3.23 |

RECOMENDACIONES

- LA SUPERFICIE DEBE ESTAR LIMPIA, SECA, SIN OXIDO NI GRASA O PINTURAS SUELTAS ANTERIORES.
- SE DEBE RESANAR MUY BIEN ANTES DE APLICAR EL RECUBRIMIENTO.
- LA LIMPIEZA SE HACE UTILIZANDO AGUA A PRESION, ESCOBAS MANUALES O MECANICAS, CEPILLOS O AIRE A PRESION.
- PARA USO SOBRE CONCRETO NEUTRALIZAR PREVIAMENTE LA SUPERFICIE EN UNA SOLUCION DE ACIDO MURIATICO AL 10%, ENJUAGAR MUY BIEN CON AGUA Y DEJAR SECAR.
- LOS METALES DEBEN ESTAR PROTEGIDOS CON UN ATICORROSIVO APROPIADO DE ACUERDO A LAS CONDICIONES QUE DEBEN SOPORTAR.



Proyecto:

REFUERZO ESTRUCTURAL
PARA LA DEMOLICIÓN
PARCIAL DE ESTRIBOS Y
ZAPATAS OPTIMIZANDO LA
RESISTENCIA Y
ESTABILIDAD PARA LA
RECONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE UN
PUENTE –
CAJAMARQUILLA 2023

C.P/ DISTRITO:

CAJAMARQUILLA YANACANCHA

PROVINCIA:

PASCO

REGION:

PASCO

DIBUJO:

Infraestructura:

PUENTE

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURA

PLANO:

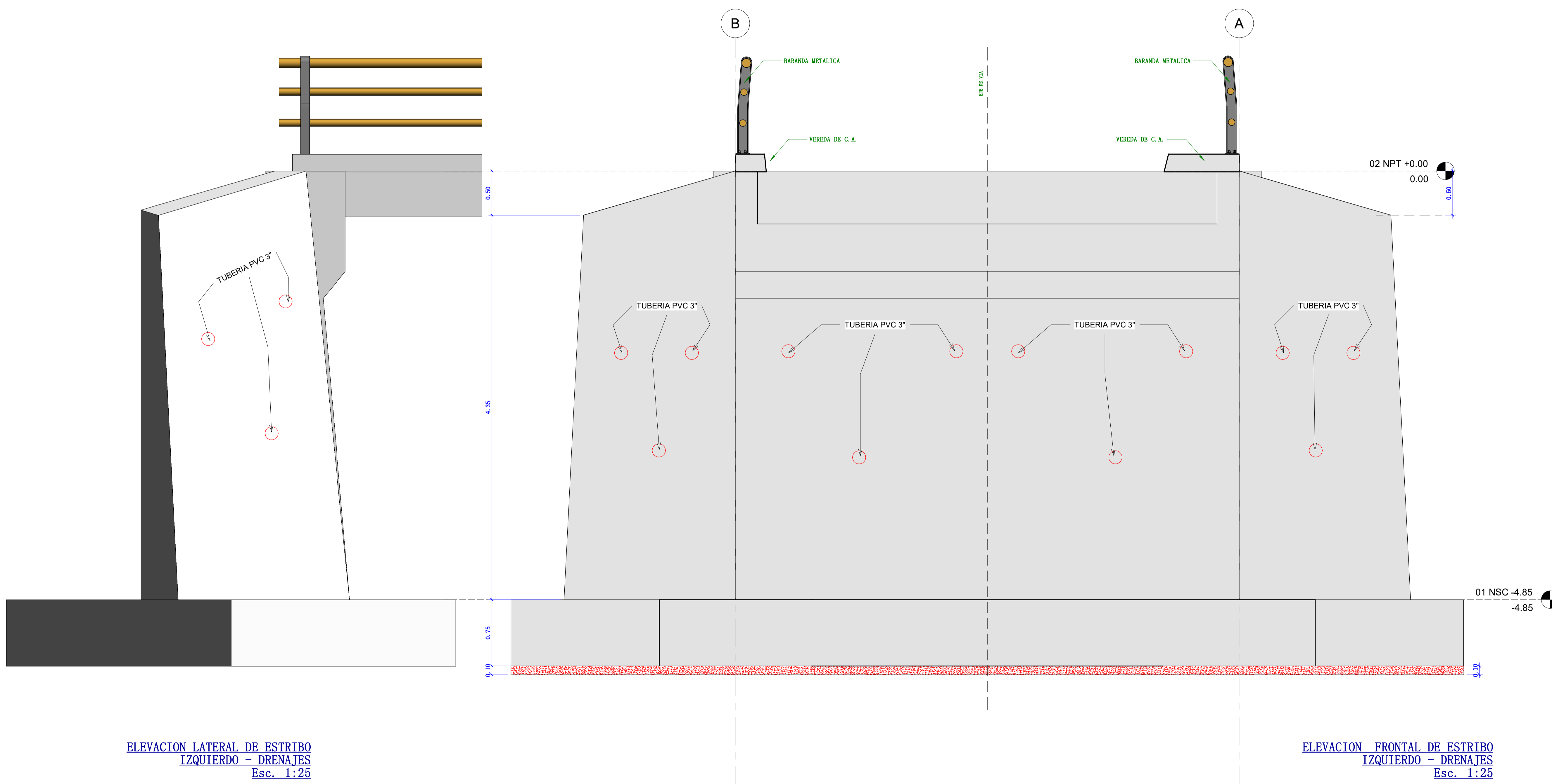
DETALLE DE DRENAJES

NUMERO DE LAMINA:

PE-07

ESCALA:

1 : 25



ELEVACION LATERAL DE ESTRIBO
IZQUIERDO - DRENAJES
Esc. 1:25

ELEVACION FRONTAL DE ESTRIBO
IZQUIERDO - DRENAJES
Esc. 1:25