



**FACULTAD DE INGENIERIA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**MODELAMIENTO DE UNA PLACA DE ANCLAJE
BAJO CARGA AXIAL PARA DETERMINAR SU
CARGA MÁXIMA SEGÚN NORMATIVAS EUROPEAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor (es)

Bach. Angeles Rocca Enzo Giovanni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4454-7887>

Bach. Villalobos Llatas Caleb David

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2750-5650>

Asesor(a)

MSc. Rojas Coronel Angel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

Año 2024

**MODELAMIENTO DE UNA PLACA DE ANCLAJE BAJO CARGA AXIAL PARA
DETERMINAR SU CARGA MÁXIMA SEGÚN NORMATIVAS EUROPEAS**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscribimos la **DECLARACIÓN JURADA**, somos egresados del Programa de estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

MODELAMIENTO DE UNA PLACA DE ANCLAJE BAJO CARGA AXIAL PARA DETERMINAR SU CARGA MÁXIMA SEGÚN NORMATIVAS EUROPEAS

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Angeles Rocca Enzo Giovanni	DNI: 74298082	
Villalobos Llatas Caleb David	DNI: 74043249	

Pimentel, 30 de abril de 2024.

Dedicatoria

Dedico este proyecto de investigación con profundo amor y gratitud a la memoria de mi Padre, quien ahora habita en el cielo, y a mi madre, quien día a día me brinda su apoyo incondicional en mi trayectoria académica.

Agradezco especialmente a mis queridos hermanos por su constante aliento, fuerza y tenacidad, que han sido un pilar fundamental en mi camino para superar obstáculos y alcanzar mis metas.

Que este trabajo sea un testimonio de mi compromiso y dedicación, honrando el legado de quienes me han inspirado y motivado a seguir adelante.

Angeles Rocca Enzo Giovanni

Dedico esta investigación a todas las personas que fueron parte fundamental en mi vida académica.

Primero, a mi familia por su apoyo incondicional y perseverante por creer en mí en cada etapa de mi vida.

Segundo, a mis amigos, por su compañía, palabras de aliento y momentos de diversión.

Tercero, a mis docentes por su guía, paciencia y conocimientos compartidos, sus enseñanzas han sido fundamental en mi formación profesional.

Villalobos Llatas Caleb David

Agradecimientos

Quiero aprovechar este momento para expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este importante proyecto. En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme alcanzar uno de mis objetivos profesionales trazados y por guiarme en este camino de aprendizaje y crecimiento personal.

Mi profunda gratitud también se extiende a mi madre, cuyo apoyo incondicional ha sido mi mayor fortaleza en esta travesía académica, así como a mi padre, cuya presencia en el cielo sigue iluminando mi camino y dándome fuerzas para seguir adelante.

Quiero reconocer y agradecer a mi casa de estudios por brindarme los mejores servicios y recursos de sus instalaciones, así como por contar con una plana docente excepcional que ha contribuido significativamente a mi formación profesional. Su respaldo ha sido invaluable y estoy seguro/a de que podré contar con su apoyo en el futuro.

Además, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis queridos hermanos, cuyo constante aliento, fuerza y tenacidad han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito.

Por último, agradezco a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a este proyecto, ya sea con sus sugerencias, comentarios o simplemente con su presencia y apoyo incondicional. Este logro no hubiera sido posible sin ustedes.

Gracias por ser parte de este importante capítulo de mi vida y por ser una fuente constante de inspiración y motivación.

Angeles Rocca Enzo Giovanni

Agradezco grandemente a Dios por permitir cumplir uno de mis primeros objetivos, como profesional.

A mi familia y amigos por darme la fortaleza de no rendirme en los momentos críticos, especialmente a mi abuelo quien fue el que me estuvo apoyando en todo momento, esto no hubiera sido posible sin su ayuda.

A mi casa de Estudios USS, por brindarme una educación de calidad por medio de sus docentes altamente capacitados.

Caleb David Villalobos Llatas

Indice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Indice de figuras	7
Indice de tablas	8
Resumen	9
Abstract	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Hipótesis.....	17
1.4. Objetivos	17
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	17
II. MATERIALES Y MÉTODO	22
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	22
2.2. Variables, Operacionalización.....	23
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	25
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	25
2.5. Procedimiento de análisis de datos	27
2.6. Criterios éticos	27
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Resultados	28
3.2. Discusion.....	49
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1. Conclusiones.....	51
4.2. Recomendaciones	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS.....	55

Indice de figuras

Figura 1: Deflexión de un elemento	21
Figura 2: Diagrama de cuerpo libre de una placa de anclaje	30
Figura 3: Fuerza axial y áreas	31
Figura 4: Tamaños mínimos de soldaduras de filete.....	39
Figura 5: Propiedades mínimas del material de aporte	39
Figura 6: Accediendo al menú de opciones	40
Figura 7: Cambio de tipo de archivo.....	41
Figura 8: Variables de entrada	41
Figura 9: Base de datos para la placa de anclaje.....	42
Figura 10: Base de datos para la oreja	42
Figura 11: Ubicación de la opción "Grabar marco"	43
Figura 12: Pestaña para grabar una macro	43
Figura 13: Ubicación de la opción "Detener grabación".....	43
Figura 14: Interfaz del visual Basic	44

Indice de tablas

Tabla 1:Operacionalización de variables.....	23
Tabla 2: Dimensionamiento de pernos del anclaje.....	45
Tabla 3: Datos del material.....	46
Tabla 4: Dimensión de la placa.....	46
Tabla 5: Datos obtenidos de la empresa.....	48
Tabla 6: Datos adicionales.....	48
Tabla 7: Carga axial máxima.....	49

Resumen

El propósito principal de este estudio es crear un modelo matemático para analizar el comportamiento de una placa de anclaje y oreja de izaje bajo cargas axiales, con énfasis en determinar su carga máxima según normativas europeas como el Eurocódigo 3 y la norma ASME BTH-1. El estudio se centra en el análisis de placas de anclaje utilizadas en operaciones de izaje, comenzando con una revisión exhaustiva de papers científicos utilizando los motores de búsqueda. La metodología implica la determinación de variables de entrada de acuerdo con los criterios proporcionados por las normativas mencionadas. Se utilizó el software Microsoft Excel para el modelado, donde se programaron y sintetizaron las variables, aplicando técnicas como el ordenamiento burbuja. El estudio se validará mediante un caso experimental de acuerdo con la norma AISC-360-10. Los resultados muestran que el modelado reproduce satisfactoriamente los datos experimentales, lo que confirma su eficacia en el análisis de la carga máxima de una placa de anclaje en operaciones de izaje.

Palabras clave: Placa de anclaje, perno de anclaje, orejera, izaje, norma europea

Abstract

The main purpose of this study is to create a mathematical model to analyze the behavior of an anchor plate and lifting ear under axial loads, with emphasis on determining its maximum load according to European regulations such as Eurocode 3 and the ASME BTH-1 standard. The study focuses on the analysis of anchor plates used in lifting operations, beginning with an exhaustive review of scientific papers using search engines. The methodology involves the determination of input variables according to the criteria provided by the aforementioned regulations. Microsoft Excel software was used for modeling, where the variables were programmed and synthesized, applying techniques such as bubble sorting. The study will be validated through an experimental case in accordance with the AISC-360-10 standard. The results show that the modeling satisfactorily reproduces the experimental data, which confirms its effectiveness in the analysis of the maximum load of an anchor plate in lifting operations.

Keywords: Anchor plate, anchor bolt, earmuff, lifting, European standard

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la presente investigación está directamente relacionada con la necesidad que se presenta en situaciones de querer agilizar tiempos de trabajo en la realización de tareas, esto se aplica a todo ámbito laboral desde lo más básico hasta lo más tedioso. Para ello, existen múltiples herramientas que facilitan y ayudan a mejorar la realización de esas tareas. Así mismo, se presenta la exigencia de querer reducir tiempos dentro del desarrollo matemático para el análisis de placas de anclaje en un estudio de cargas de izaje.

Cuando hablamos del tema de cargas de izaje, nos estamos refiriendo a operaciones mecánicas que se ejecutan con el fin de movilizar elementos que no logren ser transportadas manualmente, debido que presentan una gran complejidad y responsabilidad en la industria. Al profundizar en el tema encontramos una gran variedad de elementos que conforman un sistema complejo que permiten llevar a cabo dicha tarea, tales como: grilletes, eslingas, grúas (móviles y fijas), telemando, cadenas, estrobos, ganchos, yugos, silbatos, ... y sobre todo tener personal capacitado para la ejecución de esta tarea [1].

En muchas de las ocasiones las empresas al momento de querer realizar un izaje buscan la necesidad de apoyarse en placas de anclaje que se encuentran en puntos estratégicos ancladas en el concreto/hormigón. Cuando se realiza la operación de izaje, las grúas cumplen un rol principal en realizar cargas suspendidas de elementos de distinta índole, por lo que siempre es necesario desarrollar un plan de trabajo para el izaje, comenzando por la verificación de todos los elementos involucrados. Cables, ganchos, cadenas, eslingas, etc. De igual manera con la inspección de cada uno de los puntos de sujeción. Todo el personal involucrado debe estar en una posición segura de acuerdo con el plan de izaje antes de iniciar la operación. Es importante delimitar y señalizar el área de maniobras para evitar la entrada a personas no autorizadas, el peso de la carga nunca debe superar lo permitido y debe estar correctamente sujeta y estabilizada logrando evitar su caída, al momento de direccionar una carga suspendida, se utiliza una cuerda larga para evitar estar sobre el rango de acción de ella. El rigger se encarga de comunicar y guiar al operario de la grúa el cual pondrá las alertas

al momento del izaje [1].

Con lo mencionado anteriormente, afirmamos que en situaciones donde se requiera realizar un izaje en espacios reducidos a la grúa (ya sea móvil o fija), como en inspecciones rutinarias o mantenimiento, se hace necesario el uso de placas base sujetas con pernos de anclaje y tecles como alternativa a la grúa. Ante esta problemática, en el Perú son pocas las industrias que cuentan con puntos de anclaje existente, por ello, se ve la necesidad de conocer su carga máxima a soportar mediante un modelamiento matemático, evidenciando la falta de normativas y su aplicación en el Perú, por lo tanto, se utilizara normas europeas para el modelamiento de placa de anclaje.

Moyeddin, Gad, & Lee, [2] . En su trabajo de investigación "Failure modes and tensile strength of screw anchors in non-cracked concrete" Los autores realizaron una revisión de los modos de falla y resistencia a la tracción de anclajes atornillados en concreto no fisurado. De la cual, plantean realizar uno aproximado de 180 pruebas utilizando el método (CCD) para predecir la resistencia de los anclajes de tornillo bajo carga de tracción como el único método disponible. Los resultados obtenidos de las 182 pruebas muestran un 60% de los anclajes fallaron producto de una falla combinada y en cuanto al resto fallo por pullo ut, cabe recalcar no que se observó falla del cono de con concreto.

Amit , Jungil Seo, Bradt, & McCarty [3]. En su proyecto de investigación "Experimental Testing of Tension-Loaded Deformed Anchors in Concrete" De la cual realizaron un estudio experimental de deformación por tensión en anclajes de concreto. Por lo que comenzaron observando y realizando pruebas de anclaje único de DWA y DRA, luego recopilaron la información obtenida de las pruebas de anclaje con las placas empotradas equipadas con DRA y DWA, teniendo en cuenta la aplicación potencial de las disposiciones del código actual para limitar la resistencia del concreto, manteniendo el enfoque sugerido para establecer la resistencia de las placas empotradas con DRA y DWA. Los resultados de las pruebas indican que la adopción del paradigma de diseño dado en el código para la resistencia de los anclajes adheridos controlados por hormigón puede proporcionar aproximación razonable para los DRA, pero requiere calibración y un estudio adicional para su aplicación de los DWA debido

a su capacidad de unión disminuida.

Mahrenholtz, Ayoubi, Müller, & Bachschmid [4]. En su trabajo de investigación “Tension and shear performance of anchor channels with channel bolts cast in Fibre Reinforced Concrete (FRC)” Los autores realizaron un análisis de tracción y corte de canales de anclaje con pernos de canal fundidos en hormigón reforzado con fibras (FRC). De la cual llevaron a cabo ensayos exploratorios en sistemas de pernos de canal de anclaje colados en hormigón simple y reforzado con fibras, para las pruebas se utilizó materiales de la productora Krampeharex de fibra y para los pernos de anclaje se utilizó los T JORDAHL □ JB M16 con un canal de anclaje de JORDAHL □ JTA W 53/34. Los resultados demuestran un rendimiento superior a la tracción en los pernos de canal instalados en canales de anclaje que previamente fueron vaciados en hormigón reforzado con fibra, en cambio los ensayos realizados con un sistema de vaciado en hormigón armado simple, muestran un bajo rendimiento a la tracción.

Wang & Zha, [5]. En su proyecto de investigación “Numerical Simulation Study of Anti-Large Deformation Bolt Structure”. De la cual realizaron una simulación numérica con el software ANSYS finitengen, en el que se compararon y analizaron las características entre un anclaje en espiral simple y una barra de anclaje de cáñamo bajo diferentes anillos en espiral. Su metodología utilizada va desde el análisis de simulación numérica ANSYS aplicada a una o doble barra de anclaje de cáñamo hasta el análisis de la ley de distribución de carga de la varilla de anclaje. Los resultados muestran que, para un anclaje de un solo tornillo, el número de vueltas en espiral tiene un mayor efecto en la tasa de elongación por estiramiento de la pieza, y cuantas más vueltas en espiral tenga, mayor es la elongación cuando se destruye el ancla. Por otro lado, en el caso de que la deformación estructural de la fuerza de la barra de anclaje sea mayor, el alargamiento aumenta al haber más anillos en espiral teniendo una mayor influencia en la elongación a la tracción.

Shuvalov, Gorbunov, & Kovalev [6]. En su tema de investigación “Anchorage strength and ductility at various loading conditions” Los investigadores tuvieron como objetivo determinar la profundidad de empotramiento mínima efectiva para el anclaje y su ductilidad

en concreto fisurado y no fisurado bajo cargas estáticas y/o dinámicas. Para ello, realizan ensayos para 37 especímenes con diferentes profundidades de empotramiento en un rango de 150 – 650 mm, adquiriendo diagramas de desplazamiento de carga para ensayos de extracción dinámicos, estáticos y cíclicos en hormigón fisurado y no fisurado. Los resultados mostraron que los anclajes socavados con un diámetro de 12, 16 y 20 mm con una profundidad de empotramiento de 125, 190 y 250 mm permitieron estimar la influencia de las grietas en el concreto juntamente con las cargas cíclicas sobre la ductilidad del anclaje.

K.A. Kwa, D.J. White [7] En su trabajo de investigación “Numerical modelling of plate anchors under sustained load: The enhancement of capacity from consolidation” Los investigadores realizaron un estudio numérico sistemático para capturar el efecto de la carga sostenida y la consolidación en los mecanismos de falla del suelo alrededor de un anclaje de placa incrustado. En la que utilizaron el modelo Cam Clay modificado, que consiste en tener en cuenta tanto el efecto de consolidación en la resistencia del suelo como el proceso real en el que se forma un espacio lleno de agua debajo de la placa debido a la separación entre la placa el suelo. Encontraron que la formación de ese espacio esta influenciado de manera sistemática por la tensión sostenida o precarga, la relación de resistencia del suelo, la distribución relativa de la carga del anclaje entre la compresión sobre la placa y la tensión debajo de ella, junto con la profundidad a la que se encuentra anclada.

Mohamed A. Shaheen Konstantinos Daniel Tsavdaridis Felipe Piana Vendramell Ferreira Lee S. Cunningham [8] En su proyecto de investigación “Rotational capacity of exposed base plate connections with various configurations of anchor rod sleeves” Este estudio presenta una nueva metodología para mejorar la capacidad de rotación de las conexiones de la placa base expuesta sin comprometer la rigidez inicial y la configuración estándar; de la cual, los autores desarrollaron un modelo de elementos finitos y se confirmó su precisión mediante pruebas experimentales de meso escala. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis paramétrico que concluyó en 4 tipos de geometrías de manguito: Circular (CW), cónica (NW), ovalada (OW) y en forma de U (UW). De la cual realizaron variaciones en los parámetros geométricos de los manguitos, como la longitud, el grosor y la amplitud.

Posteriormente los resultados se compararon con la conexión estándar con el fin de investigar la ductilidad del sistema propuesto. De la cual se llevaron a cabo simulaciones mediante el uso de modelos de elementos finitos, los cuales demostraron valores más altos en resistencia, desplazamientos laterales y rotaciones en todos los casos de las 4 geometrías consideradas (onda circular, cónica, ovalada y en forma de U). De este modo, hallaron que el sistema propuesto efectivamente mejoró las conexiones de la base de la columna de acero en comparación con la conexión estándar.

Dengyiding Jin, Chao Houa, Luming Shen, Lin-Hai Han [9], En su Proyecto de investigación "Numerical investigation of demountable CFST K-joints using blind bolts" Presentaron un estudio de diseño razonable para juntas en K CFST desmontable con un modelo FEA detallado, analizando los posibles nodos de falla por desplazamiento de carga y de intervención de materiales de las juntas en K CFST desmontable, además de su placa frontal al ras con la disponibilidad de los pernos ciegos. Su metodología utilizada para el diseño de juntas en K CFST desmontable, con pernos ciegos son los métodos de predicción razonables para la resistencia última y términos de modos de falla típicos basados en la derivación teórica y el análisis paramétrico de los efectos de varios factores. Como componente crítico en la transferencia de cargas de la junta en K desmontable es el espesor del diseño de la placa de extremo al ras la cual afectó el comportamiento de la junta lo cual fue muy delgada siendo la parte más débil de la junta conduciendo a una falla prematura en la placa de extremo, la cual se puede mejorar aumentando la placa final al ras, al aumentar este era obvio que la falla del perno y la extracción ocurrida se debía por la reducción del tamaño de los pernos ciegos, la cual afecta la confiabilidad y reutilización de las juntas desmontables.

Theodoros Pitrakkos, Walid Tizani, Manuela Cabrera, Nazar Faqe Salh [10] en su trabajo de investigación "Blind bolts with headed anchors under combined tension and shear" Determinaron la resistencia de un perno ciego anclado, el Hollo-Bolt extendido (EHB), bajo fuerzas combinadas de tensión y corte, lo que respalda la investigación en curso para extender la aplicación de pernos ciegos en conexiones resistentes a momentos. Para ello,

llevaron a cabo la resistencia de Holo-bolt extendido, se diseñó y fabricó un banco de pruebas para aplicar fuerzas monotónicas de tensión y cortante simultánea en el perno, mediante programa experimental realizando 13 ensayos con relación a la tensión cortante, informando los modos de falla y los efectos al alterar las relaciones de tensión y cortante en el comportamiento del perno. Los resultados de las pruebas para especímenes EHB bajo fuerzas combinadas de tensión y corte se presenta mediante una tabla donde el modelo de interacción frente a diferentes estándares de diseño para sistemas de pernos tradicionales. Señalando que estas ecuaciones estándar no consideran la contribución del revestimiento de hormigón, siendo comparado con el modelo de interacción TS DE EN 1993-1-8.

Dihua Tong, Benrun Hu, Bo Chen, Jichen Li, Jun Di, Hongda Wang, Canción Zhou y Wenjun yang [11], En su proyecto de investigación "Analysis of Structural Strength and Fatigue Life Based on the 7075-T651 Aluminum Alloy Lugs". Los investigadores produjeron modelos numéricos de orejetas con varios parámetros, en los que calcularon la resistencia estructural y la vida útil del sujeto de prueba de fatiga. Además, han analizado cómo el espesor, el ancho de la apertura y el área de proyección extruida afectan la resistencia estructural y la vida a fatiga de las orejetas diseñadas para el diseño estructural de aeronaves convencionales. Para realizar este análisis, realizaron pruebas simuladas de fatiga y compresión de las vigas y validaron los modelos mediante elementos finitos. Los resultados obtenidos muestran que los parámetros estructurales afectan directamente la resistencia y la vida a fatiga de la oreja. Aumentar el espesor y el área de extrusión proyectada puede reducir la tensión máxima y extender su vida útil. Por el contrario, aumentar la apertura de la orejeta primero reduce la presión y luego la aumenta. Se encontró que el valor óptimo se puede obtener cuando la abertura R de la orejeta es de 7,5 mm.

1.2. Formulación del problema

¿De que manera se garantiza la carga máxima a soportar de una placa de anclaje instalada en un entorno de difícil acceso?

1.3. Hipótesis

El algoritmo de cálculo propuesto permitirá el análisis de carga máximo a soportar, sobre una placa de anclaje, lo cual nos permitira garantizar su integridad estructural que pueda presentar en la placa tomando en cuenta los factores de seguridad establecidos en las normativas europeas.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Modelar el algoritmo del cálculo de una placa de anclaje para determinar su carga máximo que está sometida a una carga axial.

Objetivos específicos

- Determinar el algoritmo secuencial de una carga axial máxima en una placa de anclaje.
- Automatizar el algoritmo secuencial en un software de programación.
- Validar los resultados obtenidos del algoritmo secuencial mediante un estudio experimental realizado en una empresa.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Especificación ANSI/AISC 360-10

Es adecuado para el diseño de sistemas de acero estructural o sistemas donde el acero estructural actúa sobre estructuras de hormigón armado. En este código encontramos normas para el diseño, fabricación y montaje de edificaciones y otras estructuras de acero, donde se definen como estructuras diseñadas, fabricadas y ensambladas de manera similar a una edificación, demostrando así que sus elementos son capaces de resistir cargas verticales y laterales que son similares al sistema de resistencia de un edificio [12].

Eurocódigo 3 (EN 1993)

Proporciona una orientación completa y exhaustiva sobre la construcción de estructuras de acero en Europa, cubriendo aspectos que van desde la selección de materiales hasta el diseño de redes y consideraciones de carga ambiental. Sus servicios garantizarán que los edificios de acero cumplan con los estándares requeridos de seguridad, protección y durabilidad, y contribuirán a la construcción de edificios e infraestructura seguros y confiables [13].

ASME BTH-1

La norma ASME BTH-1, conocida como "Diseño de Equipos de Izaje", establece los requisitos para el diseño, fabricación, prueba, inspección, mantenimiento y operación segura de una amplia gama de equipos utilizados en la elevación y manipulación de cargas. Esta norma abarca diversos dispositivos como ganchos, eslingas, cáncamos y anillos de elevación, garantizando su uso seguro y eficiente en entornos industriales y de construcción. Proporciona directrices detalladas sobre diseño, materiales, dimensiones, carga de diseño, pruebas y marcado para asegurar la integridad estructural y la seguridad operativa de estos equipos. Asimismo, se centra en la planificación adecuada para el izaje de cargas, la evaluación de riesgos y la formación del personal involucrado en estas operaciones [14].

Diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD)

Se presenta como un procedimiento de diseño estructural ampliamente utilizado en la Ingeniería civil que se centra en analizar y determinar cargas máximas esperadas llegando hasta encontrar la resistencia de las estructuras. Su alcance cubre una amplia gama de elementos estructurales, desde puentes y edificios hasta estructuras de contención de suelos, LRFD proporciona factores de carga variables basados en la probabilidad de que las cargas excedan la vida útil de la estructura. Este enfoque permite una mayor eficiencia al considerar diferentes tipos de cargas, como cargas de servicio y cargas de fatiga, así como incertidumbres relacionadas con los materiales y las condiciones de carga [12].

Diseño en base a resistencia admisible (ASD)

Se utiliza en ingeniería estructural para diseñar materiales y estructuras sometidos a diversas cargas. Tiene una amplia gama de aplicaciones en la construcción, desde acero y hormigón hasta madera y otros materiales. En lugar de calcular la carga máxima que una estructura puede soportar, ASD establece límites de tensión para los materiales en función de su capacidad para soportar cargas sin exceder los límites de deformación o falla. ASD tiene en cuenta los cambios en la capacidad instalada y las condiciones de carga de los equipos y utiliza factores de seguridad para garantizar la seguridad del sistema. Su flexibilidad y facilidad de uso lo hacen adecuado para una variedad de proyectos de construcción flexibles, desde estructuras simples hasta grandes edificios y puentes [12].

Factor de Seguridad

El término "factor de seguridad" en ingeniería significa un coeficiente que tiene en cuenta la diferencia entre la resistencia real y teórica, ya sean las variaciones reales y nominales, así como la incertidumbre en los cálculos de escala de la potencia de transformación de carga. De igual manera, toma en consideración la naturaleza del modo de falla y sus posibles efectos. Es decir, el factor de seguridad es un margen adicional integrado en el diseño estructural que se encarga de asegurar que la estructura pueda resistir cargas mayores a las estimadas previamente y pueda prevenir fallos potencialmente graves [15].

Tensión, compresión y torsión

Son fuerzas que salen de un sistema en sentido contrario a la fuerza ejercida y es el efecto de los valores resultantes de tensión o presión aplicada en un material firme pero deformable. Tiene como unidad al Pascal. Para calcular su valor es en base a la fuerza ejercida sobre un área por lo que se usa la ecuación [15].

$$\delta = \frac{Fl}{AE} \quad (1)$$

Si existe la posibilidad de pandeo, esta ecuación no se aplica a una barra larga en compresión. La deflexión angular de una barra redonda uniforme bajo el momento de torsión T viene dada por la siguiente fórmula:

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (2)$$

Donde θ se expresa en radianes. Si multiplicamos la ecuación (2) por $180/\pi$ y sustituimos $J = \pi d^4/32$ para una barra redonda sólida, de la cual obtenemos

$$\theta = \frac{583.6TL}{Gd^4} \quad (3)$$

Las ecuaciones (1)(2)(3) es aplicable para secciones transversales redondas

Esfuerzo y carga

Estas variables se presentan al momento de analizar fuerzas estructurales, que se enfoca en desfragmentar sistemas complejos en bloques fáciles, descomponiéndolos uno por uno, y luego sintetizar los resultados obtenidos. Por la cual, utilizaremos los diagramas de cuerpo libre como un método que proporciona una lista de la magnitud y dirección de las fuerzas del subsistema [15].

Deformación unitaria elástica

Se define como la relación entre la deformación total y la longitud inicial del elemento, que permitirá determinar la deformación del elemento bajo tracción o compresión axial [15].

$$\sigma = E\epsilon \quad (4)$$

Donde:

E es el modulo de Young o modulo de elasticidad

Cuando el material está en tensión, no solo hay una deformación axial, sino también una deformación negativa perpendicular a la deformación axial. Suponiendo un material lineal, homogéneo e isotrópico, esta deformación transversal es proporcional a la deformación axial [15]

Deformación debida a flexión

En un elemento estructural sometido a fuerzas ya sean fuerzas axiales, cortantes, etc. Ocurre un fenómeno que es la deformación perpendicular a su eje longitudinal del elemento. Este problema se da con mayor frecuencia en el diseño mecánico, cabe destacar que al analizar los ejes (fijos o rotatorios), las manivelas, las palancas, ménsulas entre otros, se deberá considerar como viga para el diseño y análisis de estructura de igual manera con sistemas mecánicos [15].



Figura 1: Deflexión de un elemento
Fuente: [15]

Software de Programación – Excel office

El software de programación es un conjunto de utilidades y herramientas que los programadores utilizan para desarrollar, programar o crear programas informáticos. Estas utilidades y herramientas funcionan con varios lenguajes de programación y métodos de desarrollo, al menos a través de editores de texto y compiladores. En esta perspectiva, Excel está clasificada como una herramienta que puede procesar datos por medio de un lenguaje de programación comúnmente se le conoce como Visual Basic [16].

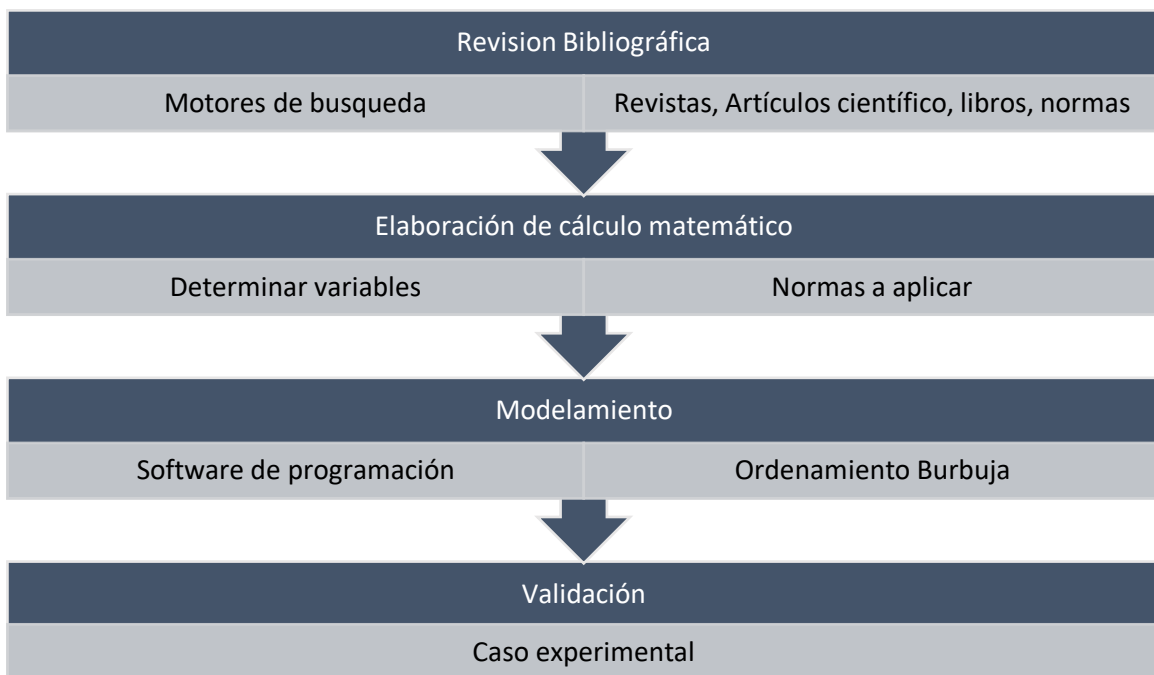
II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación en este estudio es de tipo cuantitativo, ya que se centrará en cuantificar la recopilación de datos y luego probar las variables a medida que se desarrolla el problema. También tiene limitaciones de investigación a nivel local y, por lo tanto, también es exploratorio.

El estudio propone un diseño de estudio descriptivo, por lo que se basará en la información recopilada de un estudio de caso de modelado matemático para analizar las placas base/anclajes utilizados para levantar cargas.

Metodología a aplicar:



2.2. Variables, Operacionalización

Tabla 1:Operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Orejera de anclaje	Se utiliza para anclar una carga estructural	Está sujeta a deformación elástica o ruptura en la unión soldada de la placa de anclaje	Capacidad de carga y resistencia del material	Deformación	1	Vernier, medidor de espesores	kN	Categórica	Nominal y Ordinal
Espesor de la placa de anclaje	Es un elemento elaborado con acero o aleaciones metálicas, siendo una opción versátil a la hora de constituir elementos metálicos en una construcción	Es personalizado dependiendo del material utilizado en la placa de anclaje.	Grosor físico de la placa de anclaje	Medición del espesor de la placa de anclaje en milímetros	1	Medidor de espesores, vernier	Cm, pulg, mm	Categórica	Nominal y Ordinal
Material	Es un componente natural que está conformado por un	Selección del tipo de material con mejores propiedades de acuerdo a la tarea a realizar.	Tipo material de	Ficha técnica	1	Revisión Bibliográfica y normativas	N	Numérica	Variables numéricas

	conjunto de elementos que definen las propiedades químicas y físicas.								
Carga máxima	Es el peso máximo que soporta un determinado elemento hasta llegar al agotamiento	Se calcula por medio de un desarrollo matemático en base a una fuerza axial	Peso máximo que puede soportar el punto de anclaje	kN, T, Kgf	1	Hoja de cálculo Excel	- kN, T, Kgf	Categórica	Variables numéricas

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Poblacion de estudio

Nuestra población recae en los tipos de anclaje utilizados en cargas de izaje, de la cual se utilizan en situaciones donde se requiere el izaje de cargas. Algunos ejemplos que comprende son las placas en forma de ojo, las cuales incorporan un gancho en su diseño; las placas perforadas, que permiten la fijación de ganchos o eslingas en diversas configuraciones; las placas en forma de U, útiles para posicionar el gancho por encima de la carga; las placas con roldana, que facilitan el desplazamiento de la carga mediante el paso del cable o cuerda de izaje; y las placas giratorias, diseñadas para un movimiento rotatorio suave durante el izaje. La elección del tipo de placa de anclaje adecuada dependerá de los requisitos específicos de la carga y las condiciones de trabajo, garantizando así una operación segura y eficiente.

Muestra

Este estudio tiene como población un anclaje permanente que tiene como base de anclaje 4 pernos posinstalado la cual realiza una carga de forma mecanica en el concreto/ hormigón, ademas presenta una orejera de izaje soldada en el centro de la placa.

2.4. Técnicas e instrumetos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Revisión Bibliográfica

Es una técnica utilizada como un método investigativo que nos permite recopilar información teórica sobre temas relacionados con el proyecto. A partir de ahí, se tomará información de las siguientes bases de datos: World Wide Science, Scopus, ScienceDirect, IOP Science, etc. Se vuelve crítico a la hora de elegir información básica para un estudio o proyecto.

Acrónimo DESLIZAR

Para realizar este método, es necesario realizar una revisión bibliográfica previa de diferentes bases de datos reconocidos, y luego tener criterios de selección, como que los documentos deben ser recientes (no más de 5 años). Una vez obtenida la información se ejecuta el método SLIDE, que consiste en primero organizar la información en grupos según mi criterio, luego etiquetarla para cada tipo de fuente, y luego integrar esos grupos de información por temas similares para que finalmente la información que se mostrarán en desarrollo tendrá prioridad.

Observación

Mediante esta técnica se recopilará la información necesaria mediante investigación de campo y se comparará con revisiones bibliográficas, artículos científicos, normas.

Validez

El estudio tendrá validez por un estudio experimental realizado en una empresa y será calificado por especialistas en el área de estudio por consiguiente lograr originalidad.

Confiabilidad

Para este proyecto de investigación se utilizó el estándar de confiabilidad y por lo tanto se utilizó para desarrollar un modelamiento matemático través de un método eficiente de recolección de datos, que por supuesto se obtiene legalmente bajo la Cláusula de Protección de Datos Personales N° 29733.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Etapa 1: Compilación de información

Se recopila información en las bases de datos Scopus, Science Direct, IOP Science, de igual manera se utilizó a los buscadores web como: Google académico, Alicia entre otros.

Etapa 1: Acrónimo DESLIZAR

Se utiliza para agrupar y separar información relevante de acuerdo al tema de estudio

Etapa 2: Matriz de Revisión

Se elabora una matriz de revisión para sintetizar la información de la compilación de artículos científicos mediante el software de EXCEL office

2.6. Criterios éticos

Respeto

Utilizar un estándar de respeto para citar y citar información obtenida de otros autores según corresponda sin suplantación de identidad, de acuerdo con el Código de Ética Capítulo 2 Principios Generales Artículo 06.

Fiabilidad

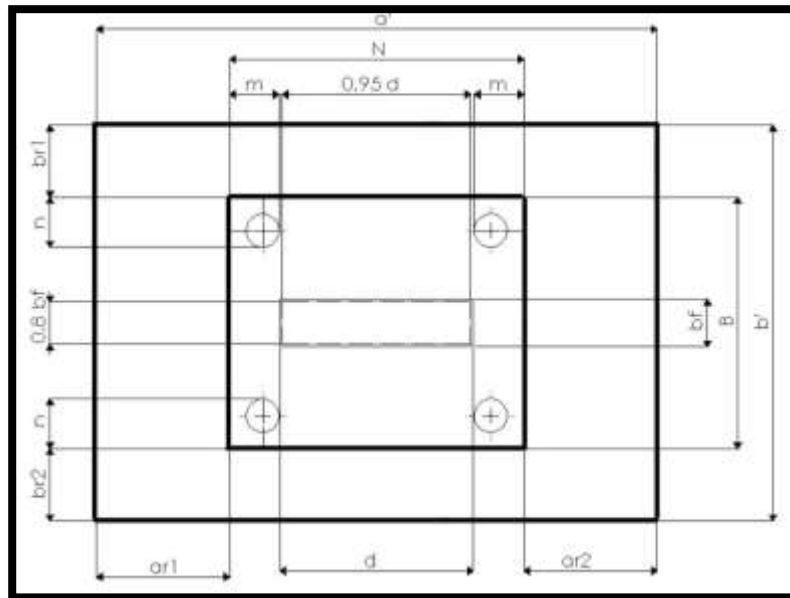
Teniendo como base códigos y normas establecidos. La aplicación del proyecto dará solución a la problemática planteada en su desarrollo

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Determinar el cálculo matemático

Para el análisis se procede a completar el cuadro siguiente teniendo los valores respondientes según la siguiente figura:



Donde:

a': Largo del hormigón u concreto.

b': Ancho del hormigón u concreto.

h: Altura del hormigón u concreto.

N: Largo de la placa base.

B: Ancho de la placa base.

tp: Espesor de la placa base.

bf: Espesor de la orejera de anclaje.

n: Distancia del perno al borde de la placa base del lado B.

m: Distancia del perno a borde de la placa base del lado N.

ar: Distancia del hormigón a la placa, lado N.

br: distancia del hormigón a la placa base, lado B.

d: Distancia de la orejera de anclaje.

Es necesario contar con todas las siguientes medidas: a' , b' , h , N , B , el tipo del material a utilizar o en uso, el tipo de hormigón según su resistencia f_{ck} designado por su ficha técnica.

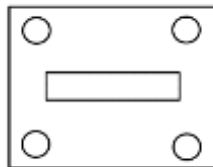
La cual nos enfocaremos en dos tipos de situaciones, cuando se realice una nueva placa de anclaje para determinar la carga máxima axial a emplear y cuando tengamos una placa de anclaje para determinar su carga máxima axial según sus características brindadas.

En las cuales dentro de estos dos tipos de propuestas cumplen los siguientes 3 casos.

Caso 1:

Cuando el área de la placa base es igual al área del hormigón.

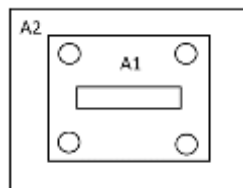
$$A1 = A2$$



Caso 2:

Cuando el área de la placa base es menos que el área del hormigón, pero es menos que cuatro veces el área de la placa base.

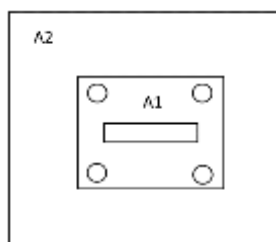
$$A1 < A2 < 4A1$$



Caso 3:

Cuando el área del hormigón es mayor que 4 veces el área de la placa base

$$A2 \geq 4A1$$



Para poder determinar el tipo de perno se debe tomar en cuenta la siguiente formula

establecida por la AISCI 360 – 10 donde quedaría expresada:

$$\left[\left(\frac{T_r}{\phi R_n} \right)^{\frac{5}{3}} + \left(\frac{V_u}{\phi V_n} \right)^{\frac{5}{3}} \right] \leq 1$$

Donde:

T_r : Tension aplicada en un perno.

ϕR_n : Resistencia minima a tension del anclaje.

V_u : Cortante aplicada en los anclajes.

ϕV_n : Resistencia a cortante minima del anclaje.

Entonces debido a que solo se actúa una fuerza axial, la cual no genera momento, y tampoco genera cortante por ende se tomara como cero, quedando la fórmula de la siguiente forma:

$$\left[\left(\frac{T_r}{\phi R_n} \right)^{\frac{5}{3}} \right] \leq 1 \quad (5)$$

De la cual la tensión aplicada de un perno será obtenida de la carga axial ejercida, y la resistencia mínima a tensión del anclaje será designando de los pernos que cuenten con ficha técnica específica a tensión.

Se designará un material dependiendo del tipo de acero entre el, ASTM A36 y Din 1.0038 / S235JR. La cual nos indicara el esfuerzo a la fluencia mínimo, esfuerzo a la tensión, módulo de elasticidad y elongación mínima, según su fichan tecnica.

Graficaremos un diagrama de cuerpo libre en perfil para poder determinar la fuerza y momento en la placa base de anclaje.

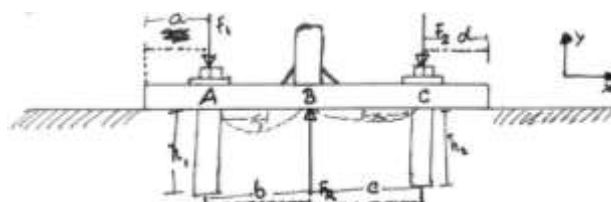


Figura 2: Diagrama de cuerpo libre de una placa de anclaje

$$\sum F_y = 0$$

$$F_R = F_1 + F_2$$

$$\sum M = 0$$

$$bF_1 - cF_2 = 0$$

$$bF_1 = cF_2$$

Al determinar el tipo de caso según el área de la placa base y el área del concreto u hormigón, podemos determinar la siguiente imagen con las fuerzas correspondiente:

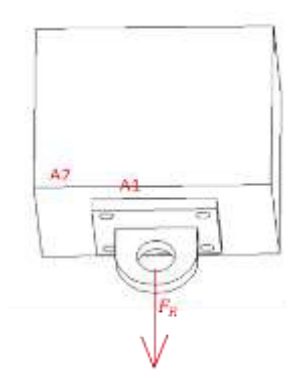


Figura 3: Fuerza axial y áreas

$$\frac{F_R}{A_{1 \text{ requerida}}} \leq F_{FR}$$

$$A_{1 \text{ requerida}} = \frac{F_R}{\phi * 0.85 * F'_c * \sqrt{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}} \quad (6)$$

Donde:

$$\phi = 0.6$$

$$F'_c$$

= Resistencia a compresion del concreto o hormigón.

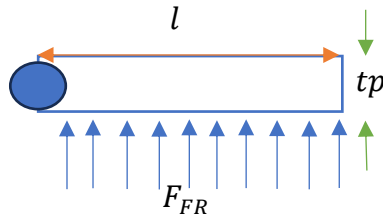
A_1 = Área de la placa base.

A_2 = Área del concreto u hormigón

F_R = Carga axial aplicada.

→ El área requerida es el área que realmente necesita la base de la placa para poder soportar la carga axial indicada.

→ calcular la fluencia en la placa base, tomamos como punto de referencia un voladizo:



Al realizar sumatoria de momentos en este punto azul, encontramos lo siguiente:

$$M_{pl} = \frac{F_{FR} * l}{2} * \frac{l}{2} = F_{FR} * \left(\frac{l^2}{2}\right) \quad (7)$$

Pero:

$$M_{pl} = \phi * F_y * \frac{t_p^2}{4} \quad (8)$$

Entonces igualamos, sabiendo que ϕ es igual a 0.9, podemos determinar el espesor mínimo requerido en la placa de anclaje para la fuerza designada:

$$\phi * F_y * \frac{t_p^2}{4} = F_{FR} * \left(\frac{l^2}{2}\right)$$

$$\phi * F_y * \frac{t_p^2}{4} = \frac{F_R}{B * N} * \left(\frac{l^2}{2}\right)$$

$$t_{p \min} = l * \sqrt{\frac{2 * F_R}{\phi * F_y * B * N}} \quad (9)$$

Donde podemos saber cuánto vale l determinando el máximo valor de n , m o λ'_n .

Esto quedaría expresado de la siguiente manera:

$$l = \max(m, n, \lambda'_n) \quad (10)$$

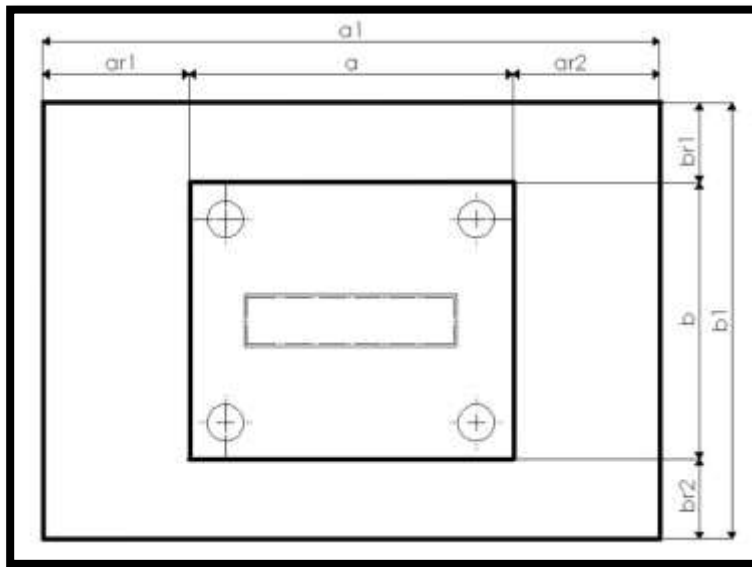
Donde:

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad (11)$$

$$n = \frac{B-0.8bf}{2} \quad (12)$$

$$\lambda'_{n\cdot} = \frac{\sqrt{d*bf}}{4} \quad (13)$$

Para poder hallar la resistencia a compresión del concreto o hormigón se debe tener en cuenta el código técnico CTE:



Dimensiones máximas de la superficie del hormigón:

$$\begin{array}{ll}
 a_1 & b_1 \\
 a_1 = a + ar1 + ar2 & b_1 = b + br1 + br2 \\
 a_1 = 5a & b_1 = 5b \\
 a_1 = a + h & b_1 = b + h \\
 a_1 = 5b_1, \text{ pero } a_1 \geq a & b_1 = 5a_1, \text{ pero } b_1 \geq b
 \end{array}$$

$$a_1 = \min(a + ar1 + ar2, 5a, a + h, 5b_1)$$

$$b_1 = \min(b + br1 + br2, 5b, b + h, 5a_1)$$

La fórmula de la resistencia máxima del hormigón u concreto.

$$f_{jd} = \beta_j * k_j * f_{ck} \quad (14)$$

Donde:

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

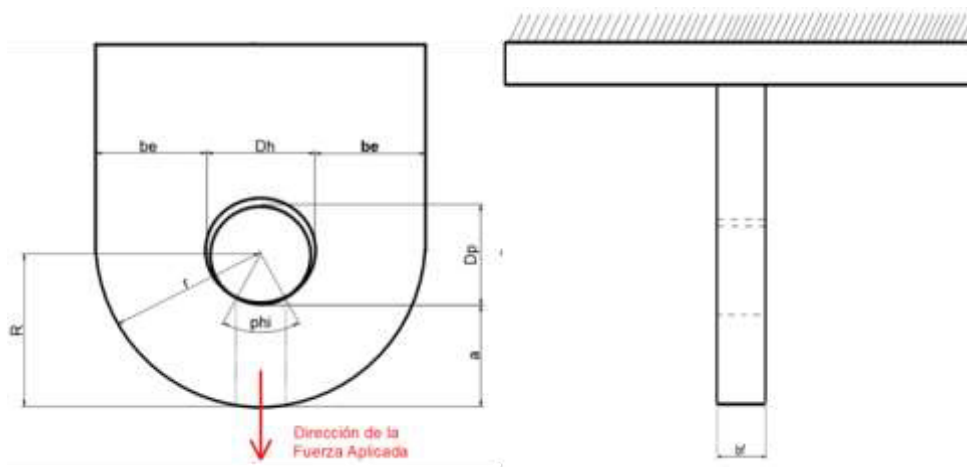
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} \leq 5 \quad (15); (16)$$

El f_{ck} es el valor obtenido por la ficha técnica del concreto u hormigón.

Cálculo de oreja de izaje

A continuación, se determinará el modelo matemático para el cálculo de una oreja de izaje según norma ASME BTH-1 edición 2020 en el que se tendrá en cuenta los siguientes criterios. La oreja de izaje posee una clase de diseño tipo "B" donde la magnitud y la variación de las cargas aplicadas no son predecibles o no están definidas con precisión, considerando un valor de 3 para el factor de diseño.

Datos de Diseño



Donde

a: Distancia de la cara del agujero a la carga de la placa

D_h: Diámetro del agujero

D_p: Diámetro del Pin

N_d: Factor de diseño

F_u: Esfuerzo de Ruptura del material

F_y: Esfuerzo de Fluencia del material

bf: Espesor de la oreja

be: Ancho efectivo de cada lado del agujero

R ó r: Distancia del centro del agujero a la cara de la placa

d: Ancho de la oreja

Es necesario contar con los valores de las variables “a”, “Dh”, “Dp”, “Nd”, “t”, “be”, “R”, “d”. De igual manera, con los datos de “Fy” y “Fu” que se pueden obtener mediante ficha técnica del material. En el caso que no se conozca los valores de “R” y “W” se podrán calcular con las siguientes formulas, según norma BTH-1.

En el caso no presente el agujero del pasante se debe tomar en cuenta las siguientes fórmulas para poder realizar este orificio.

$$R = a + \frac{Dh}{2} \quad (17)$$

$$d = Dh + 2Be \quad (18)$$

Según norma BTH-1, nos dice que, para conexiones ancladas que presentan una resistencia estática en las placas se deberá calcular:

Resistencia a la tensión permisible a través del agujero del pin, que está dada por la siguiente formula:

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.20N_d} 2tb_{eff} \quad (19)$$

Donde,

el ancho efectivo se tomará como el menor de los valores calculados de la siguiente forma:

$$b_{eff} = 4t \leq be \quad (20)$$

$$b_{eff} = b_e 0.6 \frac{F_u}{F_y} \sqrt{\frac{Dh}{b_e}} \leq b_e \quad (21)$$

Para el cálculo del factor de reducción de resistencia para conexiones placa – pin se usa la siguiente formula:

$$C_r = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} \quad (22)$$

“El valor de C_r puede ser 1.00 para valores donde D_p/D_h sean $>$ a 0.90”

Es importante aclarar que la ecuación (20) no es válido para las placas que están reforzadas estructuralmente o que de alguna manera se les impide deformarse fuera de su plano.

Resistencia a la fractura permisible de un plano único, está dada por la siguiente formula:

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.20N_d} \left[1.13 \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92b_e}{1 + \frac{b_e}{D_h}} \right] t \quad (23)$$

Resistencia al corte permisible de doble plano, está dada por la siguiente formula:

$$P_v = \frac{0.70F_u}{1.20N_d} A_v \quad (24)$$

Donde

“ A_v ” es el área total de los 2 planos de corte más allá del agujero del pasador y está dada por la siguiente ecuación:

$$A_v = 2 \left[a + \frac{D_p}{2} (1 - \cos\emptyset) \right] t \quad (25)$$

Siendo

“ \emptyset ” el ángulo de ubicación del plano de corte para placas conectadas por pasador, de la cual se calcula de la siguiente forma:

$$\emptyset = 55 \frac{D_p}{D_h} \quad (26)$$

Resistencia permisible al aplastamiento, se calcula con la siguiente formula:

$$P_p = (F'_y)(D_p)(t) \quad (27)$$

Donde

F'_y , es el límite de resistencia al aplastamiento y se calcula con la siguiente formula:

$$F'_y = \frac{1.25F_y}{N_d} \quad (28)$$

En cuanto al cálculo de soldadura se utilizará la soldadura tipo filete, de la cual, nos importará hallar 2 valores que nos permita tener como referencia los esfuerzos máximos que pueda soportar la soldadura, que será la carga máxima de tracción y la carga máxima al corte.

Carga máxima de tracción, está dada por la siguiente formula:

$$F_{tw} = (F_t)(A_w) \quad (29)$$

Donde

F_t - Es el esfuerzo de tracción permisible del área neta y se representa con la siguiente formula:

$$F_t = \frac{F_u}{1.2(N_d)} \quad (30)$$

A_w - Es el área efectiva de soldadura y se calcula mediante la siguiente formula.

$$A_w = [2(W) + 2(t)]0.707 * leg \quad (31)$$

Donde

Leg. - Es el tamaño de soldadura mínima o cateto de soldadura, de cual nos apoyaremos con la siguiente imagen:

Tabla 3-3.4.3-1 Tamaños mínimos de soldaduras de filete

Grosor del material de la pieza unida más gruesa, pulg. (mm)	Tamaño mínimo de soldadura de filete, pulg. (mm)
Hasta ¼ (6)	⅛ (3)
Más de ¼ (6) hasta ½ (13)	⅜ (5)
Más de ½ (13) hasta ¾ (19)	¼ (6)
Más de ¾ (19)	⅝ (8)

Figura 4: Tamaños mínimos de soldaduras de filete
Fuente: [14]

Carga máxima al corte, está dada por la siguiente formula

$$F_w = F_v(A_w) \quad (32)$$

Donde, según norma nos dice que para la resistencia de diseño en soldaduras de ranura y filete el área efectiva debe ser multiplicada por la tensión admisible y está dada por la siguiente formula.

$$F_v = \frac{0.60E_{xx}}{1.20N_d} \quad (33)$$

Donde

E_{xx}, es la resistencia de soldadura para ello se usará la siguiente tabla

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Figura 5: Propiedades mínimas del material de aporte
Fuente: [15]

Programación del cálculo utilizando el Excel office

Para la programación se utilizó al Excel Office como herramienta de trabajo, por consiguiente, consistirá de 5 pasos.

Paso 1.- Configuración de la hoja de cálculo – Excel

inicia ejecutando el programa (Excel Office), luego se procede a personalizar la cinta de opciones de la cual se tendrá que añadir la pestaña de programador, es importante mencionar que esta opción no viene por defecto en la cinta de opciones, por ello se procede a activarlo manualmente, primero se accede al menú de opciones que se encuentra en la parte final de la pestaña “ARCHIVO”.

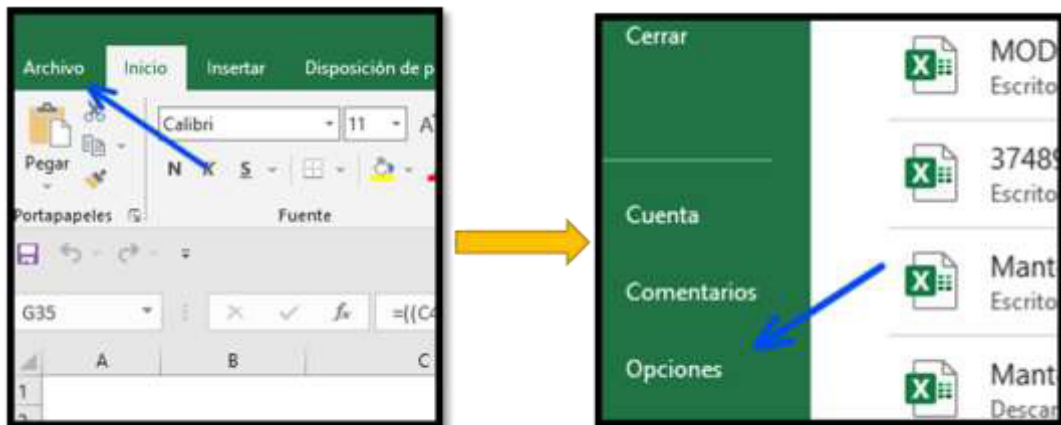


Figura 6: Accediendo al menú de opciones

Paso 2.- Activar libro habilitado para macros

Para que nos pueda funcionar los macros tenemos que habilitar el archivo de Excel office que permita la ejecución de ellas mismas, para ello, a continuación, se procede se procede a guardar el documento cambiando el tipo de archivo a “Libro de Excel habilitado para macros”

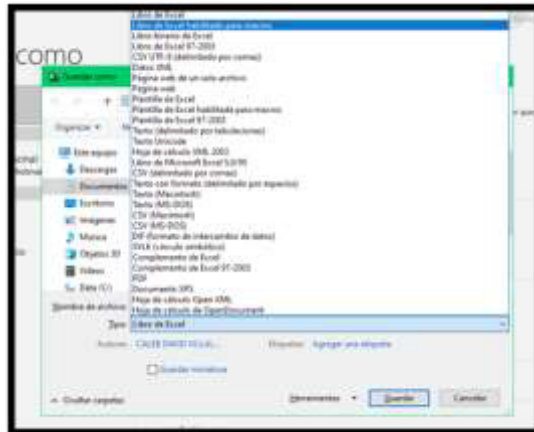


Figura 7: Cambio de tipo de archivo

Paso 3.- Ingresar las variables de entrada.

En la primera hoja de cálculo se ingresa las variables de entrada, que van desde el módulo elástico del material, dimensiones de la placa y hasta las dimensiones del número de pernos que se utilizaran en la placa de anclaje.

REFLECTO A TERCERA DEL		
DEL BARRERA		

X	Y	Z	Dx	Dy	Dz

Figura 8: Variables de entrada

Paso 4.- Crear base de Datos

Se insertan las diferentes fórmulas para su automatización en una segunda hoja de cálculo.

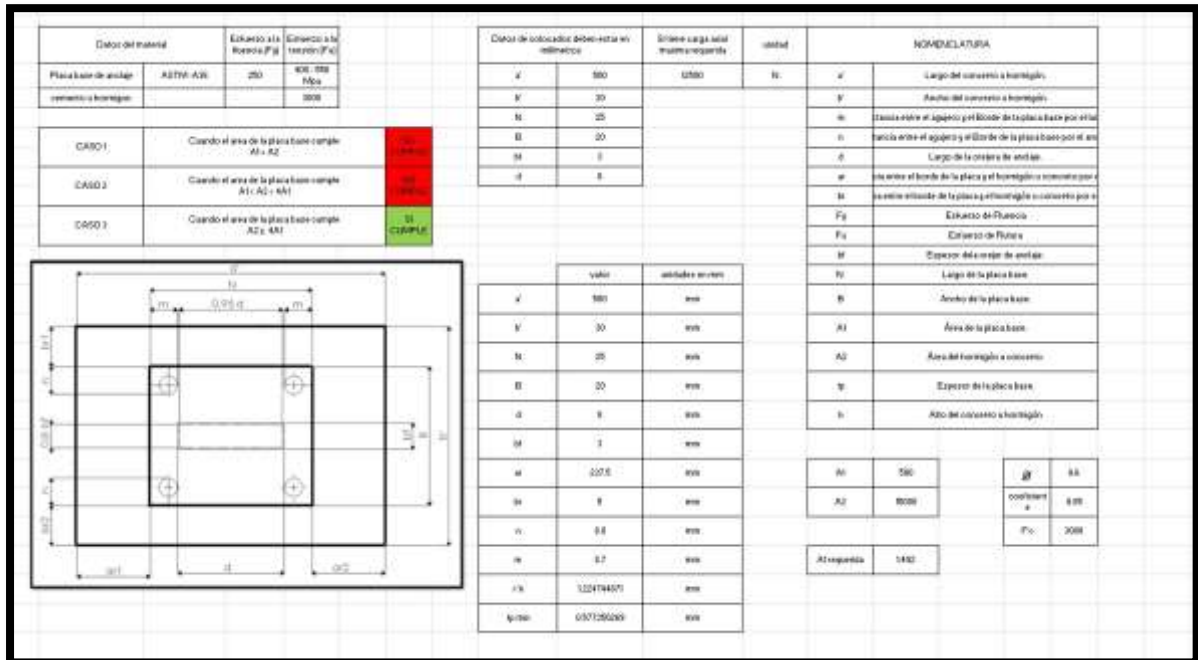


Figura 9: Base de datos para la placa de anclaje

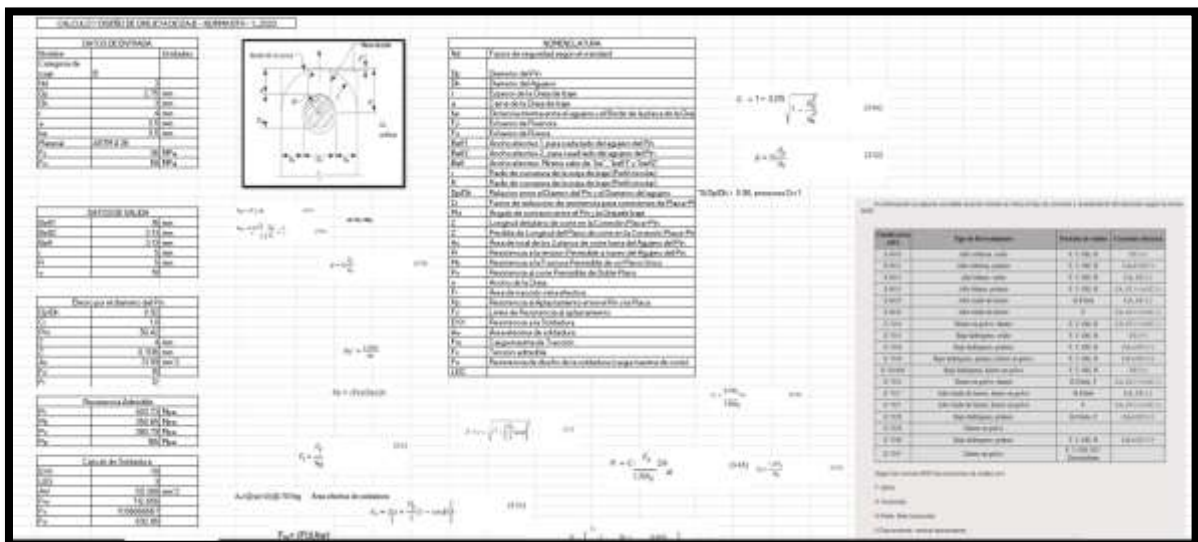


Figura 10: Base de datos para la oreja

Paso 5.- Crear macros

Primero, dirigirse a la pestaña de "Programador" y buscar el apartado de grabar marco



Figura 11: Ubicación de la opción "Grabar marco"

Segundo, llenar el cuadro con algún nombre, agregar tecla para abreviarlo y añadir una pequeña descripción.

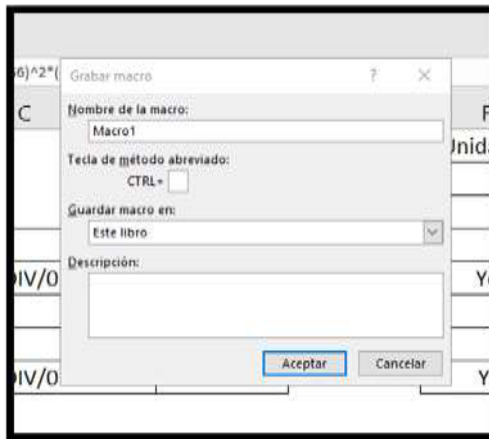


Figura 12: Pestaña para grabar una macro

Tercero, se procede a realizar las acciones que se desea automatizar, ya sea como escribir un texto y que se repita o en este caso se programara para modificar las variables de salida cambiando las variables de entrada. Una vez realizado las acciones necesarias para la automatización, se finaliza con la opción de detener grabación.

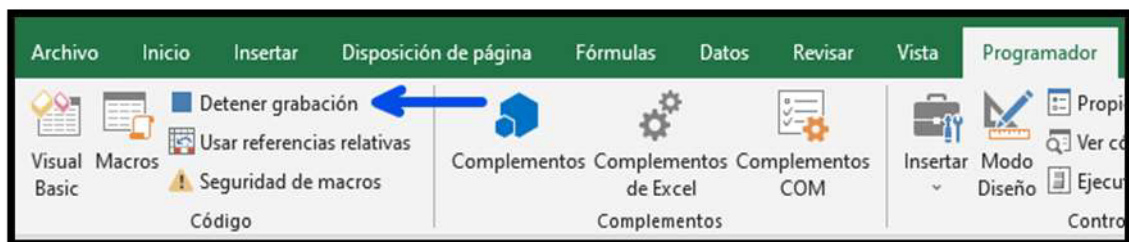


Figura 13: Ubicación de la opción "Detener grabación"

Cuarto, para el caso de querer programar una macro manualmente, se utiliza el Visual Basic dándole a la macro muchas otras acciones a realizar. Para ello, es importante tener conocimiento sobre el lenguaje de programación del Visual Basic

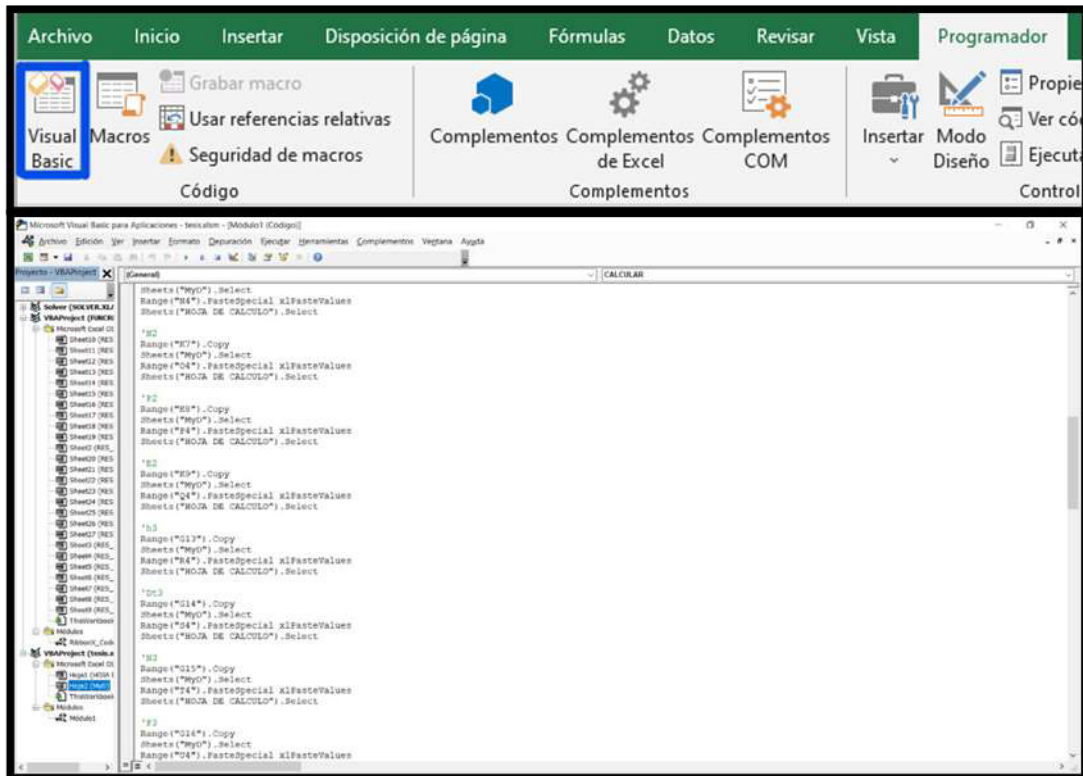


Figura 14: Interfaz del visual Basic

Aplicación con un estudio experimental

Se utilizaron los datos obtenidos de una empresa de la cual realizo servicios de certificación en puntos de anclaje, de manera que la obtención de datos fue sacada por equipos de medición tales como: Extracto metro y ensayos no destructivo, también se utilizaron equipos de medición como vernier, cinta métrica y galgas de soldadura. (Anexos 2 y 3).

Variables de entrada

Tabla 2: Dimensionamiento de pernos del anclaje

Dimensiones del Perno			Dimensiones del Perno		
1 Kwik Bolt 3 – HDG 5/8	Unidades		2 Kwik Bolt 3 – HDG 5/8	Unidades	
hef	0.794	m	hef	0.794	m
hnom	0.984	m	hnom	0.984	m
Falla por extracción			Falla por extracción		
Npn,fc	28.758	kN	Npn,fc	28.758	kN
Falla al arrancamiento del concreto			Falla al arrancamiento del concreto		
Ncbg	69.316	kN	Ncbg	69.316	kN

Dimensiones del Perno			Dimensiones del Perno		
3 Kwik Bolt 3 – HDG 5/8	Unidades		4 Kwik Bolt 3 – HDG 5/8	Unidades	
hef	0.076	m	hef	0.076	m
hnom	0.984	m	hnom	0.984	m
Falla por extracción			Falla por extracción		

Npn,fc	28.758	kN	Npn,fc	28.758	kN
Falla al arrancamiento del concreto			Falla al arrancamiento del concreto		
Ncbg	69.316	kN	Ncgb	69.316	kN

Tabla 3: Datos del material

Material placa base		
Simbología	ASTM A-36	Unidades
E	2E+11	N/m ²

Tabla 4: Dimensión de la placa

Dimensiones de la placa base		Unidades
A	0.20	m
B	0.20	m
tp	0.01	m

Dimensiones de la orejera de anclaje		Unidades
a	0.035	m
Dh	0.030	m
t	0.02	m
Dp	0.029	m
be	0.035	m
R	0.048	m
r	0.05	m

Proceso de desarrollo

Durante el desarrollo matemático se tomaron variables de las dimensiones de la placa base, orejera de anclaje, material, se consideró datos de fichas técnicas de pernos, además de los resultados obtenidos por el extractometro de la empresa y el tiempo de uso, mediante su carga indicada, el formato de nuestro software brindara la carga máxima a soportar. (Anexos 4)

Datos obtenidos por el extractometro

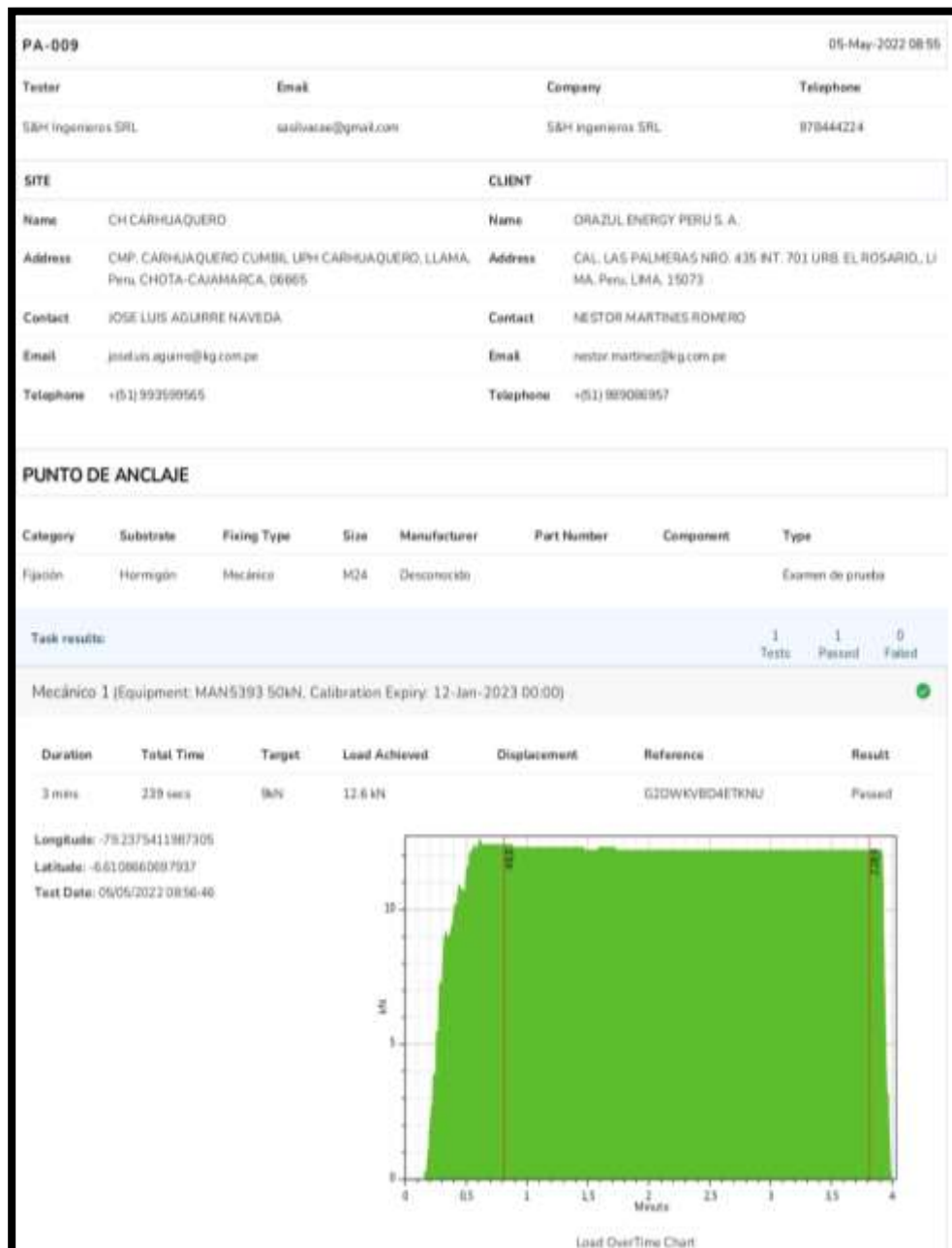


Tabla 5: Datos obtenidos de la empresa

Datos de la placa			Datos de la orejera		
		Unidad			Unidad
a'	3000	mm	Dp	29.5	mm
b'	3000	mm	Dh	30	mm
N	200	mm	t	20	mm
B	200	mm	a	35	mm
bf	20	mm	Be	35	mm
d	100	mm	R	48	mm
tp	10	mm	r	50	mm

Tabla 6: Datos adicionales

Esfuerzo a tensión del concreto		Unidades	
Concreto	14.47	MPa	
Concreto armado	17.23	MPa	
Hormigón	19.3	MPa	

Soldadura electrodos AWS	fu(MPa)	fy(MPa)
E60XX	427	345
E70XX	482	393
E80XX	551	462
E90XX	620	531
E100XX	689	600
E120XX	827	737

Tabla 7: Carga axial máxima

Carga Axial Máxima		Unidades
25000		N

Cálculo de soldadura		Unidades
Carga		
máxima de	70700	N
Tracción		
Carga		
máxima de	48783	N
corte		

Resistencia Admisible		Unidades
Resistencia al		
Aplastamiento	61458.3	N
entre el Pin y		
la Placa		

3.2. Discusion

Aunque hemos seguido las normativas europeas para calcular la carga máxima de un punto de anclaje, los resultados experimentales proporcionados por la empresa certificadora estan dentro de nuestros datos obtenidos. Este hallazgo indica una consistencia entre la teoría y la práctica, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad y eficacia de los sistemas de anclaje.

La aplicación de normativas europeas en este contexto asegura el seguimiento de estándares rigurosos y actualizados para evaluar la capacidad de carga de los puntos de

anclaje. Al corroborar los resultados experimentales con el modelado matemático, demostramos la validez y fiabilidad de nuestro enfoque de diseño y análisis.

Este acuerdo entre los datos experimentales y los resultados teóricos sugiere que nuestras técnicas de modelado son adecuadas para predecir el comportamiento de los puntos de anclaje bajo condición axial de carga. Esto es esencial para garantizar la seguridad en aplicaciones prácticas.

En una de las pruebas de anclaje realizada por la empresa certificadora, se observó que el punto de anclaje mantuvo una carga constante de 12.6 kN durante un período de 3 minutos, utilizando un extractómetro. Es importante destacar que se aplicó un factor de seguridad elevado durante esta prueba para garantizar la integridad y la seguridad del sistema.

Sin embargo, al realizar nuestro modelado matemático para determinar la carga máxima que el punto de anclaje podría soportar, obtuvimos un resultado significativamente mayor, con una carga máxima aproximadamente de 25 kN. Este valor sugiere que el punto de anclaje podría tolerar una carga mucho mayor de lo que se observó en la prueba experimental.

Esta discrepancia entre los resultados experimentales y los resultados del modelado matemático plantea algunas cuestiones importantes. Por un lado, podría indicar que el factor de seguridad aplicado durante la prueba experimental fue más conservador de lo necesario, lo que demuestra que esta dentro de nuestra carga máxima modelada matemáticamente. Además, estas discrepancias pueden proporcionar oportunidades para mejorar tanto el proceso de modelado como las técnicas de prueba, con el objetivo de garantizar una evaluación precisa y confiable de la carga máxima que pueden soportar las placas de anclaje en diferentes condiciones y entornos de trabajo.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Al determinar el algoritmo secuencial nos permitió seguir una metodología clara y estructurada para realizar los cálculos necesarios, asegurándonos que se consideren todos los factores importantes relacionados con la carga axial máxima. Es importante mencionar que en la elaboración del modelo matemático se divide en 2 partes, en primer lugar, para la placa de anclaje se tuvo en cuenta los criterios que menciona la norma Eurocodigo 3, y para la orejeta de izaje se utilizó las directrices que se mencionan en la norma BTH-1.

Al integrar el algoritmo secuencial en el software de programación Excel, se evidencia una mejora en la eficiencia y precisión de los cálculos relacionados con la determinación de la carga axial máxima en la placa de anclaje. La automatización del programa Excel permite la rápida y consistente implementación de algoritmos, lo que incrementa la productividad y reduce las probabilidades de error humano. Además, al utilizar una herramienta conocida y ampliamente disponible como Excel, se facilita la introducción e implementación del algoritmo en una variedad de aplicaciones y entornos de trabajo.

Cuando se compararon los resultados de la validación del estudio experimental con los resultados generados por el algoritmo secuencial, se notó una diferencia significativa en los valores. Mientras que la prueba experimental registró una carga máxima de 12.6 kN, el algoritmo secuencial arrojó un valor de 25 kN, siendo este último mayor. Sin embargo, es importante destacar que ambos valores se encuentran dentro de los límites permitidos para el dimensionamiento del diseño de anclaje, según lo determinado por los resultados de la prueba experimental.

Se concluye que al momento de determinar el cálculo matemático solo se tomará a 2 tipos de materiales para la placa de anclaje: la DIN 1.0038/S235JR o ASTM A36. Además de tener en cuenta el criterio del cálculo de soldadura en carga máxima de tracción, carga máxima de corte, y la resistencia admisible al aplastamiento entre el pin y la placa, teniendo que ser mayores que la carga axial máxima obtenida.

4.2. Recomendaciones

Es importante decir que el presente estudio se puede seguir ampliando su alcance para diferentes tipos de cargas, dando posibilidades a implementar líneas de vida, puntos de anclaje con orejetas roscadas y con vigas en H.

Al momento del uso del programa verificar si los datos de entrada están correctos para evitar errores en el resultado final. De igual manera, para comprender la información del estudio es vital tener conocimientos sobre diseño y análisis estructural.

Considerar la posibilidad de ampliar la variedad de materiales utilizados en el cálculo de la placa de anclaje más allá de solo DIN 1.0038/S235JR o ASTM A36. Esto podría proporcionar más opciones para adaptarse a diferentes requisitos de diseño y condiciones de trabajo, siendo esto posible anegandolo en la hoja "datos extras" en el software excel.

Considerando las necesidades actuales en el diseño estructural, sería beneficioso expandir la funcionalidad del programa de programación para permitir la generación y evaluación de puntos de anclaje nuevos, no limitándose solo a los existentes. Esto proporcionaría a los usuarios una herramienta más versátil y útil en una variedad de aplicaciones industriales y de construcción, mejorando así la precisión y la eficiencia en sus proyectos. Además, la capacidad de considerar diferentes tipos de carga, como carga lateral o de tracción, ampliaría aún más la utilidad del programa y contribuiría a la seguridad en el lugar de trabajo. Es importante tener en cuenta estas consideraciones para futuras actualizaciones del programa, ya que podrían mejorar significativamente su relevancia y utilidad para la comunidad de usuarios.

REFERENCIAS

- [1] E. J. Jhonston Vela , Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.minsur.com/wp-content/uploads/2022/05/MI-COR-SSO-CRI-EST-03-Est%C3%A1ndar-Operacional-Izaje-de-Cargas-versi%C3%B3n-03.pdf>.
- [2] E. F. G. J. L. Alireza Mohyeddin, «Failure modes and tensile strength of screw anchors in non-cracked concrete,» *Scopus*, pp. 1-13, 2019.
- [3] R. C. Amit , V. Jungil Seo, T. Bradt y E. McCarty, «Experimental Testing of Tension-Loaded Deformed Anchors in concrete,» *Scopus*, 2020.
- [4] C. Mahrenholtz, M. Ayoubi, S. Müller y S. Bachschmid, «Tension and shear performance of anchor channels with channel bolts cast in Fibre Reinforced Concrete (FRC),» *IOPSCIENCE*, 2019.
- [5] R. Wang y W. Zha, «Numerical Simulation Study of Anti-Large Deformation Bolt Structure,» *IOPSCIENCE* , pp. 1-5, 2022.
- [6] A. Shuvalov, I. Gorbunov y M. Kovalev, «Anchorage strength and ductility at various loading conditions,» *IOPSCIENCE*, 2020.
- [7] D. W. K.A. Kwa, «Numerical modelling of plate anchors under sustained load: The,» *ScienceDirect*, pp. 1-17, 2023.
- [8] M. A. S. K. D. T. F. P. V. F. L. S. Cunningham, «Rotational capacity of exposed base plate connections with various,» *ScienceDirect*, vol. I, 2023.
- [9] C. H. L. S. L.-H. H. Dengyiding Jin, «Numerical investigation of demountable CFST K-joints using blind bolts,» *ScienceDirect*, vol. I, 2019.
- [10] W. T. M. C. N. F. S. Theodoros Pitrakkos, «Blind bolts with headed anchors under combined tension and shear,» *ScienceDirect*, vol. I, 2021.
- [11] T. Dihua, H. Benrun, C. Bo, L. Jichen, D. Jun , W. Hongda, Z. Cancion y Y. Wenjun , «Analysis of Structural Strength and Fatigue Life based on the 7075-T651 Aluminum Alloy lugs,» *IOPSCIENCE*, vol. I, nº 1, pp. 1-9, 2024.
- [12] C. A. Ahumada, *Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de Acero*, Chile: Asociación Latinoamericana del Acero, 2010.
- [13] NORMA ESPAÑOLA , «UNE.org,» 10 04 2013. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051042>. [Último acceso: 26 Febrero 2024].

- [14] S. c. sevillano, «Studocu,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-trujillo/resistencia-de-materiales/asme-bth-1-2020-espanol/78404280>. [Último acceso: 26 Febrero 2024].
- [15] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Mexico: McGrawHil, 2018.
- [16] MICROSOFT, 2017. [En línea]. Available: <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca>.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de revisión de artículos

N°	Año de publicación	Autores	Título original del artículo	Título traducido al español	Base de datos donde se	Objetivo general	Metodología	Resultados
1	2019	Majeed, Gad, & Lee	Failure modes and tensile strength of screw anchors in non-cracked	Modos de falla y resistencia a la tracción de anclajes atornillados en estructuras no fisuradas	Scopus	Los autores realizaron una revisión de los modos de falla y resistencia a la tracción de anclajes atornillados en concreto no fisurado	plataza realizar uno aproximado de 180 pruebas utilizando el método (COD) para producir la resistencia de los anclajes de tornillo bajo carga de tracción como el único método disponible	Los resultados obtenidos de los 180 pruebas muestran un 60% de los anclajes fallaron producto de una falla combinada y en cuanto al resto fallo por pull out, solo señalar que se observó falla del cono de concreto
2	2020	Amit, Jagal Zan, Bredt, & McCarty	Experimental Testing of Tension-Loaded Deformed Anchor	Pruebas experimentales de anclajes deformados bajo carga de tensión	Scopus	De la cual realizaron un estudio experimental de deformación por tensión en anclaje de concreto	Por lo que comenzaron observando y realizando pruebas de anclaje único de DVA y DRA, luego recopilaban la información obtenida de las pruebas de anclaje con las placas empotradas equipadas con DRA y DVA, teniendo en cuenta la aplicación potencial de los dispositivos del código actual para limitar la resistencia del concreto, manteniendo el anclaje sugerido para establecer la resistencia de las placas empotradas con DRA y DVA	Los resultados de las pruebas indican que la adopción del paradigma de diseño dado en el código para la resistencia de los anclajes adheridos empotrados por hormigón puede proporcionar aproximación razonable para los DRA, pero requiere calibración y un estudio adicional para su aplicación de las DVA debido a su capacidad de tensión disminuida.
3	2019	Mohsenhalla, Ayoub, Müller, & Dschöschmid	Tension and shear performance of anchor channels with channel bolts cast in Fibre Reinforced Concrete (FRC)	Rendimiento de tracción y corte de canales de anclaje con pernos de canal fundidos en hormigón reforzado con fibras (FRC)	IOPSCIENCE	Los autores realizaron un análisis de tracción y corte de canales de anclaje con pernos de canal fundidos en hormigón reforzado con fibras (FRC)	De la cual llevaron a cabo ensayos exploratorios en sistemas de pernos de canal de anclaje soldados en hormigón simple y reforzado con fibras, para las pruebas se utilizó materiales de la productora Krampacher de fibra y para los pernos de anclaje se utilizó los T JORDAHL JD H16 con un canal de anclaje de JORDAHL JA w 57/34	Los resultados demuestran un rendimiento superior a la tracción en los pernos de canal instalados en canales de anclaje que previamente fueron vaciados en hormigón reforzado con fibra, en cambio los anclajes reemplazados con un sistema de vaciado en hormigón simple simple, muestran un bajo rendimiento a la tracción.
4	2022	Wang & Zhu	Numerical Simulation Study of Anti-Large Deformation Bolt Structure	Estudio de simulación numérica de la estructura de pernos anti-deformación grande	IOPSCIENCE	Realizaron una simulación numérica con el software ANSYS Hologram, en el que se compararon y analizaron las características entre un anclaje en capital simple y una barra de anclaje de diseño bajo diferentes niveles de capital	Se metodología utilizada va desde el análisis de simulación numérica ANSYS aplicado a una o doble barra de anclaje de diseño hasta el análisis de la ley de distribución de carga de la varilla de anclaje.	Los resultados muestran que, para un anclaje de un solo tornillo, el número de vueltas en capital tiene un mayor efecto en la tasa de elongación por saturación de la placa, y suaves más vueltas en capital larga, mayor es la elongación cuando se detiene el anclaje. Por otro lado, en el caso de que la deformación estructural de la fuerza de la barra de anclaje sea mayor, el alargamiento aumenta al haber más vueltas en capital teniendo una mayor influencia en la elongación a la tracción.
5	2020	Shavlov, Gorbanov, & Kavalov	Anchorage strength and ductility at various loading conditions	Resistencia y ductilidad del anclaje en diversas condiciones de carga	IOPSCIENCE	Los investigadores tomaron como objetivo determinar la profundidad de empotramiento mínima efectiva para el anclaje y su ductilidad en concreto fisurado y no fisurado bajo cargas estáticas y/o dinámicas	realizar ensayos para 37 especímenes con diferentes profundidades de empotramiento en un rango de 150 - 650 mm, adquiriendo diagramas de desplazamiento de carga para ensayos de extracción dinámicos, estáticos y cíclicos en hormigón fisurado y no fisurado.	Los resultados mostraron que los anclajes acortados con un diámetro de 18, 18 y 30 mm con un profundidades de empotramiento de 125, 150 y 200 mm permitieron mejorar la influencia de los grietas en el concreto posttensionado con las cargas cíclicas sobre la ductilidad del anclaje
6	2023	K.A. Kwa, D.J. White	Numerical modelling of plate anchors under sustained load: The enhancement of capacity from consolidation	Modelado numérico de anclajes de placa bajo carga sostenida: la mejora de la capacidad a partir de la consolidación	ScienceDirect	Los investigadores realizaron un estudio numérico sistemático para capturar el efecto de la carga sostenida y la consolidación en los mecanismos de falla del suelo alrededor de un anclaje de placa instalada	En lo que utilizaron el modelo Cam Clay modificado, que consiste en tener en cuenta tanto el efecto de consolidación en la resistencia del suelo como el proceso real en el que se forma un espacio lleno de agua debajo de la placa debido a la separación entre la placa y el suelo.	Encontraron que la formación del arco espacial está influenciado de manera crítica por la tensión confinada o pre-carga, la relación de resistencia del suelo, la distribución relativa de la carga del anclaje entre la compresión sobre la placa y la tensión debajo de ella, junto con la profundidad y la que se encuentra anclada.
7	2023	Mohamed A. Shaban, Karamallah Daniel, Tawfik El-Feghaly, Piana Vandromell, Ferraro, Leo S., Cunningham	Rotational capacity of spaced base plate connections with various configurations of anchor rod sleeves	Capacidad de rotación de conexiones de placa base espaciadas con varias configuraciones de manguitas de barra de anclaje	ScienceDirect	Este estudio presenta una nueva metodología para mejorar la capacidad de rotación de las conexiones de la placa base espaciales sin comprometer la rigidez inicial y la configuración estándar.	Los autores desarrollaron un modelo de elementos finitos y se validaron su precisión mediante pruebas experimentales de momento. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis paramétrico que analizó en 4 tipos de geometría de manguito: Circular (CV), cónica (RV), ovalada (OV) y en forma de U (UV). Dada cual realizaron variaciones en los parámetros geométricos de los manguitos, como la longitud, el grosor y la amplitud.	Posteriormente los resultados se compararon con la conexión estándar con el fin de investigar la ductibilidad del sistema propuesto. De la cual se llevaron a cabo simulaciones mediante el uso de modelos de elementos finitos, los cuales demostraron valores más altos de resistencia, desplazamientos laterales y rotaciones en todos los casos de las 4 geometrías analizadas (onda circular, cónica, ovalada y en forma de U). De este modo, hallaron que el sistema propuesto efectivamente mejoró las conexiones de la base de la columna de acero en comparación con la conexión estándar.
8	2019	Donggling Jiu, Chao Hsu, Luming Shen, Lin-Hai Han	Numerical investigation of detachable CFST K-joints using blind bolts	Investigación numérica de juntas K CFST desmontables utilizando pernos ciegos	ScienceDirect	Presentaron un estudio de diseño responsable para juntas en K CFST desmontable con un modelo FEA detallado, analizando los posibles modos de falla por desplazamiento de carga y de intervención de materiales de las juntas en K CFST desmontable, además de su placa frontal al ras con la disponibilidad de los pernos ciegos	Se metodología utilizada para el diseño de juntas en K CFST desmontable, con pernos ciegos con los métodos de predicción razonable para la resistencia última y términos de modos de falla típicos basados en la derivación teórica y el análisis paramétrico de los efectos de varios factores	Como componente crítico en la transferencia de carga de las juntas en K desmontable es el espesor del diseño de la placa de extremo al ras la cual afecta el comportamiento de la junta la cual fue muy delgado siendo la parte más débil de la junta conduciendo a una falla de prematura en la placa de extremo, la cual se puede mejorar aumentando la placa final al ras, al aumentar este ras evita que la falla del perno y la extracción ocurrida se deba por la reducción del tamaño de los pernos ciegos, la cual afecta la confiabilidad y resistencia de las juntas desmontables.
9	2021	Theodoros Pirakios, Walid Tazari, Mouna Cabrera, Nazir Faqir Gul	Blind bolts with headed anchors under combined tension and shear	Pernos ciegos con anclajes con cabezas sometidos a tracción y corte combinados	ScienceDirect	Determinaron la resistencia de un perno ciego anclado, el Hollow-Bolt extendido (EHB), bajo fuerzas combinadas de tensión y corte, lo que respaldó la investigación en curso para extender la aplicación de pernos ciegos en conexiones resistentes a momentos	Para ello, llevaron a cabo la resistencia de Hollow-Bolt extendido, se diseñó y fabricó un banco de pruebas para aplicar fuerzas monoaxiales de tensión y cortantes simultáneos en el perno, mediante programa experimental realizando 13 ensayos con relación a la tensión cortante, informando los modos de falla y los efectos al alterar las relaciones de tensión y cortante en el comportamiento del perno.	Los resultados de las pruebas para capacitades EHB bajo fuerzas combinadas de tensión y corte se presentan mediante una tabla donde el modelo de interacción frente a diferentes condiciones de diseño para placas de pernos tradicionales. Señalando que estas conexiones estándar no consideran la contribución del recubrimiento de hormigón, siendo comparado con el modelo de interacción TS DE EN 1993-1-8.
10	2024	Diluo Tong, Boren Hu, Bo Chen, Jichen Li, Jun Di, Hongda Wang, Canción Zhou y Wenjun yang	Analysis of Structural Strength and Fatigue Life Based on the T075-T651 Aluminum Alloy Lug	Análisis de resistencia estructural y vida a la fatiga basado en las orjetas de aleación de aluminio T075-T651	IOPSCIENCE	Los investigadores produjeron modelos numéricos de orjetas con varios parámetros, en los que calcularon la resistencia estructural y la vida útil del objeto de prueba de fatiga	Además, han analizado cómo el espesor, el ancho de la apertura y el área de proyección extruida afectan la resistencia estructural y la vida a fatiga de las orjetas diseñadas para el diseño estructural de estructuras conexionales. Para realizar este análisis, realizaron pruebas simuladas de fatiga y comparación de los datos y validaron los modelos mediante simulaciones finitas	Los resultados obtenidos muestran que los parámetros estructurales afectan directamente la resistencia y la vida a fatiga de la orjeta. Aumentar el espesor y el área de extrusión proyectada puede reducir la tensión máxima y extender su vida útil. Por el contrario, aumentar la apertura de la orjeta primero reduce la presión y luego la aumenta. Se encontró que el valor óptimo se puede obtener cuando la abertura R de la orjeta es de 7.5 mm

Anexo 02: Extractometro y cinta métrica



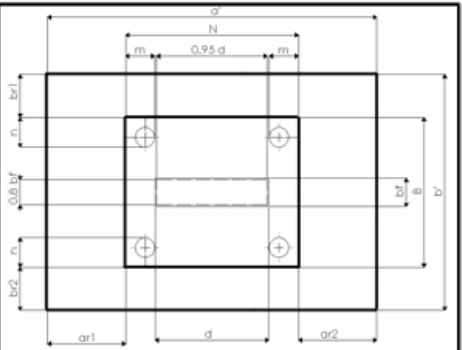
Anexo 03: Vernier y medidor de espesores



Base de datos de la placa

Datos del material		Esfuerzo a la fluencia [Pa]	Esfuerzo a la tensión [Pa]	
Placa base de anclaje	asme a 36	250	400	Mpa
anclaje a hormigón	anclaje armado	17.23		Mpa

CASO	Condición de la placa base simple	SI CUMPLE
CASO 1	R1 - R2	NO CUMPLE
CASO 2	R1 < R2 < 4R1	NO CUMPLE
CASO 3	R2 < 4R1	SI CUMPLE



valor	unidad en mm
J	3000
K	3000
H	200
D	200
J	100
K	20
ar	1400
br	1400
n	55
m	22.5
fy	11.0000000

SÍmbolos según señal máxima requerida		unidad
J	3000	M
K	3000	
H	200	
D	200	
J	100	
K	20	
ar	1400	
br	1400	
n	55	
m	22.5	
fy	11.0000000	

NOMENCLATURA	
J	Longitud del anclaje a hormigón.
K	Resaca del anclaje a hormigón.
H	Distancia entre el agujero y el Borde de la placa base por el largo.
D	Distancia entre el agujero y el Borde de la placa base por el ancho.
J	Longitud de la varilla de anclaje.
ar	Distancia entre el borde de la placa y el hormigón a anclaje por el largo.
br	Distancia entre el borde de la placa y el hormigón a anclaje por el ancho.
fy	Esfuerzo de Fluencia
K	Esfuerzo de Rotura
K	Espesor del anclaje de anclaje.
H	Longitud de la placa base.
D	Resaca de la placa base.
R1	Resaca de la placa base.
R2	Resaca del hormigón a anclaje.
fy	Espesor de la placa base.
K	Alto del anclaje a hormigón

R1	40000
R2	3000000
fy	17.23

Datos extras

material				material de concreto	Columna1	UNIDAD
descripción	fy	fu	UNIDAD	concreto	14.47	Mpa
asme a 36	250	400	Mpa	concreto armado	17.23	Mpa
Dim 1.0038 / s235jr	185	340	Mpa	Hormigon	19.3	Mpa

soldadura electrodos AWS		
Columna1	fu	fy
E60xx	427	345
E70xx	482	393
E80xx	551	462
E90xx	620	531
E100xx	689	600
E120xx	827	737

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Anexo 05: Solicitud de recolección de Datos

Bach. Enzo Giovanni Angeles Rocca
Cel: 944308516
Bach. Caleb David Villalobos Llatas
Cel: 996189477

Chiclayo, 25 de Julio del 2023

Ing. Juan Roberto Salazar Tantalean
Gerente de SOFTWARE Y HARDWARE INGENIEROS S.R.LTDA.
Dir. Predio Los Arenales Sub Lote B -1C (zona ind. Pimentel. costado de Automan) Lambayeque
- Chiclayo - Pimentel

Asunto: Solicito permiso para utilizar sus datos de los resultados obtenidos en un trabajo realizado por su empresa en la central hidroeléctrica de Carhuaquero.

Estimado, Ing. Juan Roberto Salazar Tantalean

Me dirijo a usted en calidad de Bachiller de la Universidad Señor de Sipán en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, solicitando su permiso para utilizar los datos de los resultados obtenidos en un trabajo realizado por su empresa para mi tesis de grado.

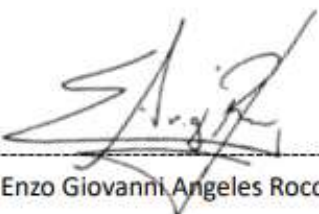
He estado investigando sobre "Modelamientos de una placa de anclaje bajo carga axial para determinar su carga máxima según normativas Europeas", y su trabajo resulta altamente relevante para mi investigación. Deseo utilizar los datos y resultados obtenidos por su equipo como parte integral de mi tesis, lo que contribuirá significativamente al desarrollo de mi investigación y a la validez de los hallazgos que espero obtener.

Aseguro que los datos serán tratados con la más estricta confidencialidad y que se utilizarán únicamente con el propósito académico de mi tesis. Me comprometo a citar adecuadamente la fuente y a respetar cualquier requisito o restricción específica que su empresa tenga para la utilización de los datos.

Agradezco de antemano su consideración y espero contar con su colaboración en este importante proyecto.



Ing. Juan Roberto Salazar Tantalean
Gerente de SOFTWARE Y HARDWARE
INGENIEROS S.R.LTDA.



Bach. Enzo Giovanni Angeles Rocca



Bach. Caleb David Villalobos Llatas

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS_ANGELES ROCCA_ENZO_VILLALOBOS LLATAS_TURNITIN.docx

AUTOR

**ENZO GIOVANNI & CALEB DAVID ANGEL
ES ROCCA & VILLALOBOS LLATAS**

RECUENTO DE PALABRAS

7505 Words

RECUENTO DE CARACTERES

39368 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

42 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 2, 2024 1:28 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 2, 2024 1:29 AM GMT-5**● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **MODELAMIENTO DE UNA PLACA DE ANCLAJE BAJO CARGA AXIAL PARA DETERMINAR SU CARGA MÁXIMA SEGÚN NORMATIVAS EUROPEAS**

elaborado por el (los) Bachiller(es):

ANGELES ROCCA ENZO GIOVANNI

VILLALOBOS LLATAS CALEB DAVID

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **10%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 02 de junio de 2024

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433