

CONECTORES DE ANCLAJE PARA TRABAJO EN ALTURAS

**JHON EDINSON BLANCO GOMEZ
VICTOR ANDRES PRIETO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA**

2013

CONECTORES DE ANCLAJE PARA TRABAJO EN ALTURAS

**JHON EDINSON BLANCO GOMEZ
VICTOR ANDRES PRIETO**

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico.

**Director
JABID EDUARDO QUIROGA
Ingeniero mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

A mis padres, Gerardo Blanco Remolina y Patricia Gómez, por su incondicional amor, confianza y apoyo que me brindan en todo momento.

A toda mi familia por su colaboración y apoyo.

A todos mis amigos y compañeros que me brindaron toda su colaboración durante el transcurso de la carrera.

Jhon Edinson Blanco.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas y familia, por su constante apoyo, confianza y motivación que me permitieron superar todos los retos a lo largo de este tiempo.

A mis amigos por estar incondicionalmente junto a mí.

A los técnicos del taller de ingeniería mecánica que prestaron su oportuno apoyo e hicieron posible que este proyecto fuera una realidad.

Víctor Andrés Prieto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan los más sinceros agradecimientos a agradecen a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo de este proyecto pero especialmente a:

Jabid Eduardo Quiroga Méndez, Ingeniero Mecánico, director de proyecto, por su gran apoyo y oportuna colaboración.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	22
1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	23
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
3. MARCO TEORICO	26
3.1 CONECTOR DE ANCLAJE	26
3.2 TIPOS DE CONECTORES DE ANCLAJE	28
3.2.1 Clase A1	28
3.2.2 Clase A2	28
3.2.3 Clase B	29
3.2.4 Clase C	29
3.2.5 Clase D	30
3.2.6 Clase E	30
3.3 REQUISITOS DE LOS CONECTORES DE ANCLAJE	31
4. CONECTOR DE ANCLAJE	32
4.1 DISEÑO DEL CONECTOR DE ANCLAJE	32
4.1.1 Geometría del conector.....	32
4.1.2 Material	34
4.1.2.1 Acero	34
4.1.2.2 Soldadura	35

4.1.3	Calculo del anclaje	36
4.1.3.1	Condición de carga a tensión	37
4.1.3.2	Condición de carga a flexión	38
4.1.4	Análisis en SolidWorks.....	40
4.1.4.1	Condición de carga a tensión	40
4.1.4.2	Condición de carga a flexión	42
4.2	ANCLAJES DE FIJACION	43
4.2.1	Tipos de anclaje de fijación:	44
4.2.1.1	Por fricción o rozamiento	44
4.2.1.2	Por forma	44
4.2.1.3	Por adherencia:.....	44
4.2.2	Factores que influyen en el cálculo:	45
4.2.2.1	Características del material base	45
4.2.2.2	Espesor de la chapa de acero.....	46
4.2.2.3	Separación entre anclaje	46
4.2.2.4	Distancia al borde	46
4.2.2.5	Profundidad de empotramiento:	47
4.2.2.6	Carga aplicada:.....	47
4.2.3	Formas de falla en los anclajes de fijación.	48
4.2.4	Método de cálculo.	48
4.2.4.1	Método cargas permisibles:	49
4.2.4.2	Método de diseño por resistencia:	51
4.2.5	Evaluación del diseño planteado.....	56
4.2.5.1	Desarrollo método cargas permisibles (ASD):.....	57
4.2.5.2	Desarrollo del Método de diseño por resistencia (SD):.....	60
4.3	GALVANIZADO	63
4.3.1	Galvanizado en caliente	64
4.3.2	Galvanizado en frío	64
4.3.3	Galvanizado electrolítico	64
4.3.3.1	Ventajas sobre otros procesos de galvanizado:	65

4.3.3.2	Preparación de la pieza para el recubrimiento:	65
4.3.3.3	Elementos principales del proceso electrolítico:	66
4.3.3.4	Otras consideraciones:	66
5.	VERIFICADOR CONECTOR DE ANCLAJES	68
5.1	FUNCIÓN DE LA CALIDAD (QFD) APLICADA AL DISEÑO DEL VERIFICADOR	68
5.1.1	Requerimientos del consumidor	68
5.1.2	Criterios de diseño	69
5.2	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	71
5.2.1	Mecanismo de tensión	71
5.2.1.1	Alternativa A	71
5.2.1.2	Alternativa B	72
5.2.1.3	Alternativa C	72
5.2.1.4	Alternativa D	73
5.2.1.5	Alternativa E	73
5.2.2	Mecanismo de sujeción.....	74
5.2.2.1	Alternativa A	74
5.2.2.2	Alternativa B	75
5.2.3	Sensor de carga.....	76
5.2.3.1	Alternativa A	76
5.2.3.2	Alternativa B	76
5.3	EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES DE DISEÑO	77
5.4	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	78
5.5	SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL VERIFICADOR	79
5.5.1	Selección del gato hidráulico.....	79
5.5.2	Selección del manómetro.....	83
5.5.3	Diseño de estructura	86
5.5.4	Calibración del verificador	93

6.	PRUEBAS.....	101
6.1	PRUEBAS DE CONECTOR DE ANCLAJE.....	101
6.1.1	Prueba a tracción:.....	101
6.1.2	Prueba a corte:	102
6.1.3	Análisis de los resultados de las pruebas.....	104
6.2	PRUEBA DE CORROSIÓN.....	104
6.2.1	Requisitos de la norma ASTM B117-90	105
6.2.1.1	Equipos:.....	105
6.2.1.2	Solución salina:.....	105
6.2.1.3	Temperatura:	106
6.2.1.4	Suministro de aire:	106
6.2.2	Muestras para el ensayo.....	106
6.2.3	Equipo utilizado.....	106
6.2.4	Resultados.....	109
6.3	PRUEBA DE INSTALACION.....	111
6.3.1	Elementos necesarios para la realización de la prueba.....	111
6.3.1.1	Elementos a probar:.....	111
6.3.1.2	Elementos para la instalación:	112
6.3.1.3	Elementos para aplicar carga:.....	112
6.3.2	Realización de la prueba.....	113
7.	ANALISIS DE COSTOS.....	116
7.1	CONECTOR DE ANCLAJE COMERCIAL	116
7.2	CONECTOR DE ANCLAJE DISEÑADO.....	117
8.	CONCLUSIONES	118
9.	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	120

BIBLIOGRAFIA..... 121
ANEXOS 122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferencia entre anclaje y conector de anclaje	27
Figura 2. Conectores de anclaje tipo A1 y A2	28
Figura 3. Conectores de anclaje tipo B y C	29
Figura 4. Conectores de anclaje tipo D y E	30
Figura 5. CAD conector de anclaje diseñado	33
Figura 6. Geometría de las partes del conector de anclaje	33
Figura 7. Ensamble del conector de anclaje	34
Figura 8. Condiciones de carga par el conector de anclaje	36
Figura 9. Calculo de esfuerzos en el conector de anclaje a tensión	38
Figura 10. Calculo de esfuerzos en el conector de anclaje a flexión	39
Figura 11. Modelado conector de anclaje para análisis CAE	40
Figura 12. Diagrama esfuerzos en el conector de anclaje a tensión	41
Figura 13. Análisis de soldadura en el conector de anclaje a tensión	41
Figura 14. Diagrama esfuerzos en el conector de anclaje a flexión	42
Figura 15. Análisis de soldadura en el conector de anclaje a flexión	43
Figura 16. Formas en que pueden trabajan los anclajes de fijación	45
Figura 17. Separación entre anclaje de fijación	46
Figura 18. Distancia a borde	47
Figura 19. Profundidad de empotramiento	47
Figura 20. Modos de falla de los anclajes de fijación	48
Figura 21. Dimensiones del bloque de concreto supuesto para instalación	57
Figura 22. Carga tracción método cargas permisibles (ASD)	58
Figura 23. Análisis a tracción conector de anclaje método cargas permisibles	58
Figura 24. Carga a corte método cargas permisibles (ASD)	59
Figura 25. Análisis a corte conector de anclaje método cargas permisibles	59
Figura 26. Análisis a tracción conector de anclaje método diseño por resistencias	61
Figura 27. Resultados análisis a tracción método diseño por resistencias	61

Figura 28. Análisis a corte conector de anclaje método diseño por resistencias ...	62
Figura 29. Resultados análisis a corte método diseño por resistencias	63
Figura 30. Tornillo de potencia.....	71
Figura 31. Tornillo con transmisión	72
Figura 32. Tornillo hidráulico.....	72
Figura 33. Gato hidráulico.....	73
Figura 34. Polipasto diferencial.....	74
Figura 35. Gancho	75
Figura 36. Pasador	75
Figura 37. Celdas de carga.....	76
Figura 38. Sensores de carga hidráulicos.....	77
Figura 39. Esquema del mecanismo verificador propuesto.....	79
Figura 40. Esquema del uso de un gato hidráulico de botella	80
Figura 41. Gato hidráulico seleccionado	81
Figura 42. Desarme del gato hidráulico de botella	82
Figura 43. Base taladrada del gato hidráulico de botella.....	82
Figura 44. Esquema del principio de Pascal	84
Figura 45. Manómetro seleccionado.....	85
Figura 46. Mesa de soporte	86
Figura 47. Diagramas de carga para la mesa de soporte	87
Figura 48. Modelo CAD de la mesa de soporte	89
Figura 49. Modelo CAD de las placas superior e inferior del verificador	90
Figura 50. Columnas de la mesa de soporte.....	92
Figura 51. Varilla roscada galvanizada.	93
Figura 52. Montaje del verificador en el ensayo.....	94
Figura 53. Montaje del verificador en el ensayo lateral	95
Figura 54. Prueba de calibración del verificador	95
Figura 55. Curva de fuerza real del verificador	97
Figura 56. Diagrama Fuerza vs Presión anexa en el verificador	99
Figura 57. Prueba de extracción del equipo verificador	100

Figura 58. Prueba de extracción del equipo verificador lateral	100
Figura 59. Montaje conector de anclaje para pruebas a tracción.	101
Figura 60. Falla por rotura del conector de anclaje	102
Figura 61. Montaje conector de anclaje para pruebas a corte.....	103
Figura 62. Ejemplo de cámara de niebla comercial.....	105
Figura 63. Muestras antes del ensayo de corrosión.....	106
Figura 64. Cámara de niebla de la escuela de ingeniería metalúrgica	107
Figura 65. Panel de control de la cámara de niebla	107
Figura 66. Equipo de suministro de aire.....	108
Figura 67. Deposito de solución salina	108
Figura 68. Muestras sometidas al ensayo de corrosión.	109
Figura 69. Estado general de las muestras ensayadas.....	110
Figura 70. Elementos a ensayar	111
Figura 71. Equipo para la instalación	112
Figura 72. Verificador de conector de anclaje	112
Figura 73. Instalación de los conectores de anclaje.....	113
Figura 74. Verificador aplicando carga al conector de anclaje.	114
Figura 75. Manómetro registrando la carga aplicada.	114
Figura 76. Puntos donde se realizaron las pruebas	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. La composición química de la colada.....	35
Tabla 2. Propiedades mecánicas del electrodo E7018	36
Tabla 3. Amperajes recomendados para el electrodo E7018.....	36
Tabla 4. Esfuerzos permitidos por el código AISC para metal soldado	37
Tabla 5. Comparación carga-capacidad método cargas permisibles	60
Tabla 6. Comparación carga-capacidad método diseño por resistencias.....	63
Tabla 7. Matriz calidad para el verificador.....	70
Tabla 8. Evaluación de alternativas del mecanismo verificador	78
Tabla 9. Tablas de selección de tubería	90
Tabla 10. Tablas de selección de varilla	92
Tabla 11. Datos obtenidos en la máquina de ensayos INSTRON.....	96
Tabla 12. Comparación entre la fuerza real y la fuerza teórica	98
Tabla 13. Resultados conector prueba a tracción.	102
Tabla 14. Resultados conector prueba a corte.....	103
Tabla 15. Valores medios de las resistencias de los conectores de anclaje.	104
Tabla 16. Costos de un conector de anclaje comercial.	116
Tabla 17. Costos del conector de anclaje diseñado.....	117

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. PLANOS.....	123
ANEXO B. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL CONECTOR DE ANCLAJE...	131
ANEXO C. ETIQUETA	137
ANEXO D. FICHA TECNICA DEL ANCLAJE DE FIJACION KWIK BOLT 3.....	138

RESUMEN

TITULO: CONECTORES DE ANCLAJE PARA TRABAJO EN ALTURAS*

AUTORES: JHON EDINSON BLANCO GOMEZ**
VICTOR ANDRES PRIETO**

PALABRAS CLAVE: conector de anclaje, seguridad industrial, elemento de fijación.

CONTENIDO:

Dada la necesidad de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER de cumplir con las normas y leyes colombianas referentes a seguridad industrial y salud ocupacional, y enfocándonos en una de las falencias que se tienen al respecto, se desarrolla el proyecto titulado conectores de anclaje para trabajo en alturas, con el cual se busca un mejoramiento en la calidad de vida de la comunidad trabajadora de la Universidad Industrial de Santander y de esta forma contribuir al cumplimiento de todos los propósitos institucionales de la misma.

Para el diseño de los conectores de anclajes se realizaron los análisis estáticos, cálculos y pruebas pertinentes para garantizar el cumplimiento de los requisitos que la reglamentación y las normas nacionales e internacionales exigen para este tipo de elemento. A demás por medio de cálculos basados en normas y códigos aceptados internacionalmente se realizó un análisis para evaluar el conector de anclaje y su interacción con los elementos de fijación que lo aseguran a una estructura fija, además como complemento al conector de anclaje se diseño, construyo y ensayo un mecanismo que ofrece la posibilidad de evaluar el conector de anclaje y su instalación. Por último se plasmaron los planos de construcción del conector de anclaje y del mecanismo mencionado.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías Físicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director Ing. Javid Eduardo Quiroga

SUMMARY

TITLE: ANCHORAGE CONNECTOR FOR WORKING HEIGHTS*

AUTHORS: JHON EDINSON BLANCO GOMEZ**
VICTOR ANDRES PRIETO**

KEYWORDS: anchorage connector, industrial safety, fixing element

CONTENT:

Given the need of UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER to comply with Colombian law and standards concerning industrial safety and occupational health, and focusing on one of the flaws that it have about it, project anchorage connectors for working at heights is developed, with which it seeks an improvement in the quality of life of the working community of the University and thus comply with all institutional purposes of the same.

For the design of anchorage connector, static analysis, calculations and test were realized to ensure fulfillment of the requirements that regulation and national and international standards demand for this type of item. besides through of calculations based on standard and codes accepted internationally an analysis was realized to evaluate the connector of anchorage and its interaction with fixing elements that assure it to a fixed structure, Besides, like complement to anchorage connector, a mechanism was designed, built and tested, which offers the opportunity to evaluate the anchorage connector and its installation. Finally the planes of construction of the connector of anchorage and the mechanism mentioned were embodied.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical engineering. Director Ing. Jabid Eduardo Quiroga.

INTRODUCCION

Este libro presenta el resumen del proceso de diseño y análisis de conectores de anclaje para trabajo en alturas.

Para llevar a cabo el objetivo del proyecto se recurrió principalmente a la resolución 003673 de 2008 que establece el reglamento técnico de trabajo seguro en alturas y a la norma NTC 2037 que plantea los requisitos de seguridad para sistemas, subsistemas y componentes personales de detección de caídas.

El desarrollo de este proyecto nos permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos durante todo el ciclo de formación de ingeniería mecánica, así como el aprendizaje de nuevos conceptos en otras aéreas, a demás de la adquisición de experiencia en el ámbito de desarrollo de proyectos.

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

La división de planta física de La UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para realizar labores de mantenimiento tanto en fachadas como en techos de los diversos edificios del campus universitario, requiere el estricto cumplimiento de la resolución 003673 del 2008 emitida por el ministerio de la protección social, donde se establece el reglamento técnico del trabajo seguro en alturas, considerando que conforme al decreto 614 de 1984 es obligación de los empleadores organizar y garantizar el funcionamiento de un programa de salud ocupacional.

Actualmente la universidad aun no cumple completamente con dicha resolución, debido en parte a la inexistencia de los conectores de anclaje exigidos y la correcta instalación de los mismos. Para dar solución a esto, se propone el diseño y construcción de conectores de anclaje acordes a la normativas nacionales e internacionales existentes, para así evitar sanciones y las posibles investigaciones administrativas, por el incumplimiento de la resolución 003673 del 2008, las cuales son dictaminadas por las direcciones territoriales del ministerio de protección social de conformidad con el artículo 115 del decreto-ley 2150 de 1995.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Suministrar a la universidad un diseño de conectores de anclaje de punto fijo que garanticen el cumplimiento de las normas y leyes colombianas referentes a seguridad para sistemas personales de protección contra caídas, además de proporcionar una mejora en las condiciones de trabajo de sus empleados. De esta forma llevar a cabo la misión de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER de generar, adecuar y aplicar los conocimientos adquiridos, en el desarrollo de un mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y fortalecer el compromiso con los propósitos institucionales.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y construir conectores de anclaje de punto fijo, en cumplimiento con la norma NTC 2037. Según la cual los conectores de anclaje se deben diseñar para usuarios con un peso no mayor a 140 kg y deberán soportar una carga de 5000 lb como mínimo en todas las direcciones permitidas cuando es usado como parte de un SPDC.
- Realizar por medio del software SOLIDWORKS y su modulo de análisis de elementos finitos SUMULATION, un análisis estático con el fin de evaluar el diseño de las piezas individuales y su ensamble, antes de su construcción para asegurar su correcto funcionamiento bajo carga estática.

- Diseñar y construir un mecanismo portátil capaz de aplicar y medir una carga a tensión de 5000 lb sobre el conector de anclaje para así poder verificar la validez de la instalación del mismo.
- Realizar las pruebas de resistencia estática a los conectores de anclaje, en el laboratorio de resistencia de ingeniería civil, los conectores no deberán presentar rotura ni deformación permanente cuando se les aplica una carga de 5000 lb por un tiempo no menor a un minuto.
- Realizar pruebas de corrosión a los conectores de anclaje en el laboratorio de corrosión de ingeniería metalúrgica, los cuales deberán soportar una prueba de ambiente salino durante un periodo mínimo de 48 horas cuando se realiza bajo la norma ASTM B117-90.

3. MARCO TEORICO

Acorde a la resolución 003673 de 2008 se debe entender como trabajo en alturas toda labor, desplazamiento o actividad, el cual es realizado a 1.5 m o más de un nivel inferior.

Además dicha resolución también establece las obligaciones que tienen los empleadores, dentro de las cuales se encuentra el garantizar que el anclaje estructural y el conector utilizado puedan resistir como mínimo 5000 lbs. por persona conectada. Así mismo debe garantizar que los sistemas de protección contra caídas garanticen la misma resistencia.

Por otro lado también se deben solicitar las pruebas, certificados o memorias de cálculo que avalen el correcto funcionamiento del sistema de protección contra caídas. Dichas pruebas se deben realizar acorde lo dictaminan los estándares nacionales e internacionales vigentes para cada elemento del sistema.

3.1 CONECTOR DE ANCLAJE

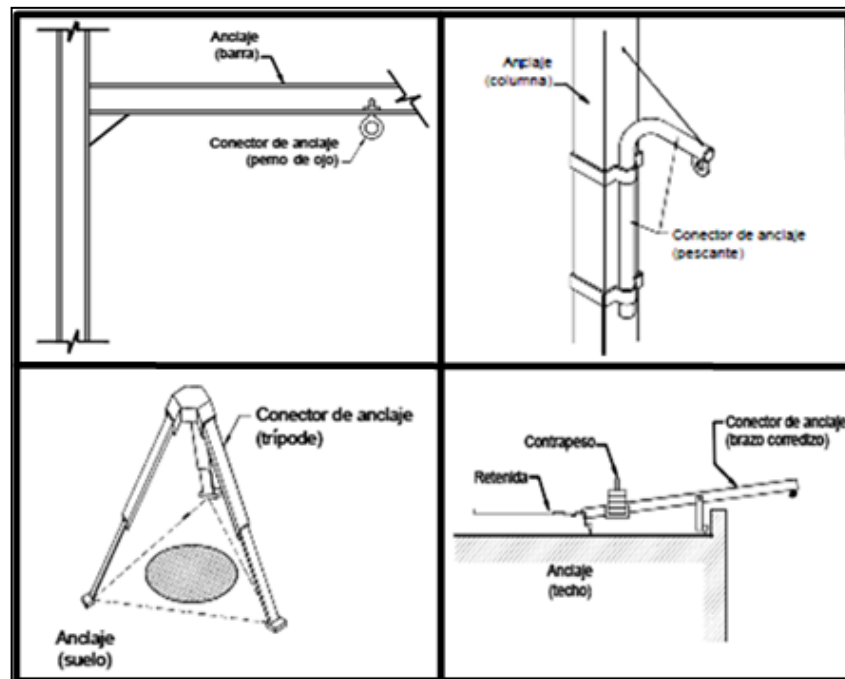
Con base en la norma NTC 2037 se puede definir y establecer la diferencia entre anclaje y conector de anclaje, de la siguiente manera:

Anclaje: medio seguro de sujeción al cual el sistema personal de detección de caídas es conectado.

Conector de anclaje: componente o subsistema que tienen medios específicamente diseñados para el acoplamiento de un sistema personal de detección de caídas a un anclaje

En este orden de ideas y para aclarar mejor estos conceptos podemos decir que normalmente un anclaje es todo elemento estructural fijo tales como: una viga, una barra, una columna, un muro o un piso. Al cual es adherido de alguna forma el conector de anclaje que proporciona y permite una conexión segura de un sistema personal de detección de caídas.

Figura 1. Diferencia entre anclaje y conector de anclaje



Fuente: Norma técnica Colombiana (NTC) 2037

3.2 TIPOS DE CONECTORES DE ANCLAJE

Es posible clasificar los conectores de anclaje en seis clases, las cuales se presentan a continuación:

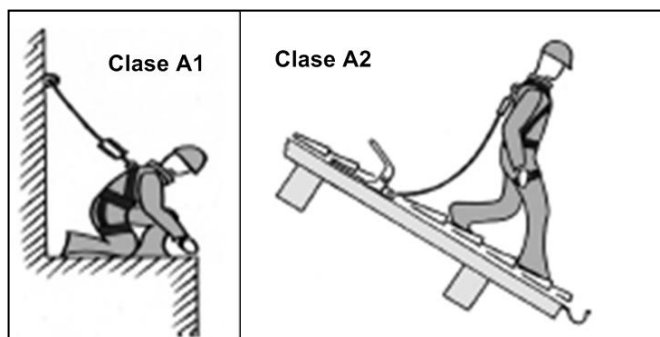
3.2.1 Clase A1

Es el conector de anclaje diseñado para ser instalado mediante elementos de fijación a superficies verticales, horizontales o inclinadas de estructuras fijas, permitiendo conectar un elemento de protección contra caídas sin que este se pueda desconectar involuntariamente.

3.2.2 Clase A2

Es el conector de anclaje diseñado para ser instalado en techados inclinados, permitiendo conectar un elemento de protección contra caídas sin que este se pueda desconectar involuntariamente.

Figura 2. Conectores de anclaje tipo A1 y A2



Fuente: Normas técnicas de prevención (NTP) 809

3.2.3 Clase B

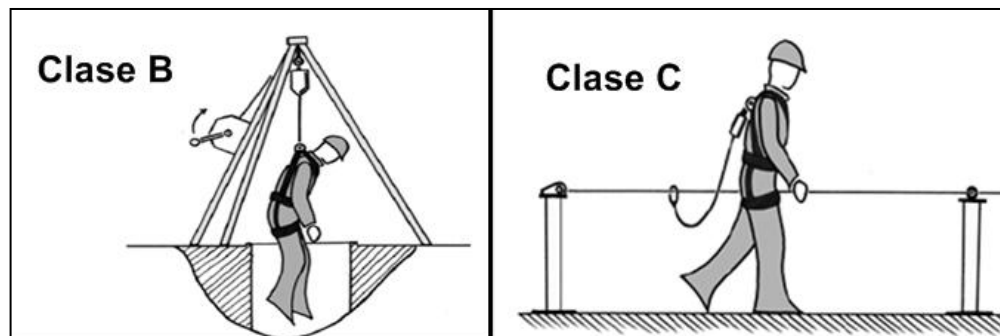
Es el conector de anclaje que permite una instalación temporal de forma tal que permite montarlo y desmontarlo según las necesidades, permitiendo conectar un elemento de protección contra caídas sin que este se pueda desconectar involuntariamente.

3.2.4 Clase C

Este tipo de conector de anclaje consta de una línea flexible, fabricada de cable metálico o de fibras sintéticas, la cual es asegurada en extremos al anclaje estructural por medio de anclajes fijos.

El elemento de protección contra caídas se conecta a la línea flexible mediante un conector adecuado, de esta forma se asegura el operario y se le permite un cierto nivel de libertad en su desplazamiento en la zona de trabajo.

Figura 3. Conectores de anclaje tipo B y C



Fuente: Normas técnicas de prevención (NTP) 809

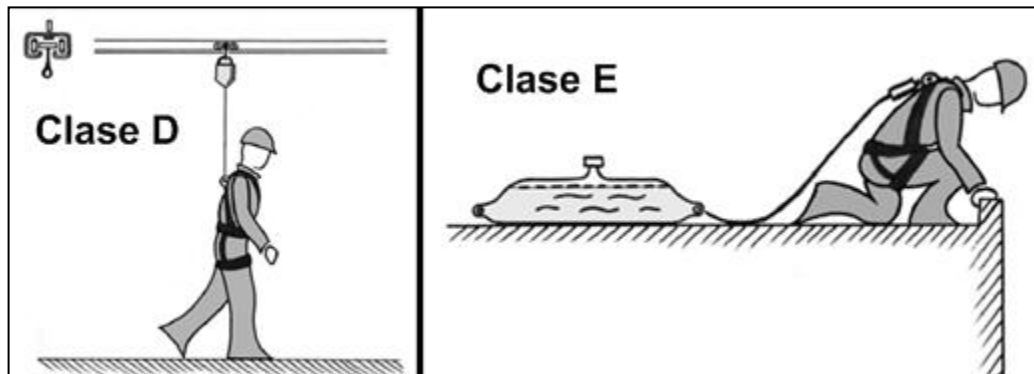
3.2.5 Clase D

Este tipo de conector de anclaje consta de un riel metálico por el cual circula un anclaje. El elemento de protección contra caídas es conectado al anclaje móvil mediante una línea rígida permitiendo al operario un desplazamiento en su zona de trabajo.

3.2.6 Clase E

Estos conectores de anclaje son elementos de peso muerto, lo cuales aseguran al operario gracias a su inercia y al rozamiento que generan con la superficie horizontal donde son instalados.

Figura 4. Conectores de anclaje tipo D y E



Fuente: Normas técnicas de prevención (NTP) 809

3.3 REQUISITOS DE LOS CONECTORES DE ANCLAJE

A continuación se presentan los requisitos de los conectores de anclaje según la norma NTC 2037

- Los conectores de anclaje serán diseñados para personas que estén en el rango de 59 kg a 140 kg.
- Los materiales utilizados serán aleación de acero de alta tenacidad obtenidos por procesos de forjado, formado o maquinado. Materiales y procesos diferentes son permitidos siempre y cuando se pueda demostrar mediante pruebas que cumple con todos los requisitos que esta norma exige.
- Los conectores deben ser capaces de soportar una prueba de esparcimiento en sal por un tiempo mínimo de 48 horas cuando se realiza acorde a la norma B 117-90, cualquier evidencia de óxido visible al ojo normal será tomada como falla a este requisito.
- Los conectores de anclaje deben ser capaces de soportar (sin rotura ni deformación permanente) cargas estáticas de 3600 lb cuando se posea certificación y 5000 lb sin certificación, aplicadas en todas las direcciones permitidas de servicio.
- Un conector de anclaje no debe ser usado por más de un sistema de protección contra caídas, a menos que se especifique lo contrario, si en este caso, el requisito de carga mostrado anteriormente debe ser multiplicado por el número de sistemas de protección contra caídas fijados al conector de anclaje.
- La estabilidad y compatibilidad del acoplamiento ubicado entre los conectores de anclaje y los anclajes deben tomarse en cuenta en el diseño del conector de anclaje.
- Todo conector de anclaje debe estar debidamente etiquetado, tal cual se especifica en esta norma.

4. CONECTOR DE ANCLAJE

4.1 DISEÑO DEL CONECTOR DE ANCLAJE

A continuación se hará un recuento de los requisitos de carga que la norma NTC 2073 estipula para los conectores de anclaje.

- Los conectores de anclaje deben ser capaz de soportar (sin rotura ni deformación permanente) cargas estáticas de 3600 lb cuando se posea certificación y 5000 lb sin certificación, aplicadas en todas las direcciones permitas de servicio.
- Los materiales utilizados serán aleación de acero de alta tenacidad obtenidos por procesos de forjado, formado o maquinado. Materiales y procesos diferentes son permitidos siempre y cuando se pueda demostrar mediante pruebas que cumple con los todos los requisitos que esta norma exige.
- Un conector de anclaje no debe ser usado por más de un sistema de protección contra caídas, a menos que se especifique lo contrario, sientos este el caso, el requisito de carga mostrado anteriormente debe ser multiplicados por el número de sistemas de protección contra caídas fijados al conector de anclaje.

4.1.1 Geometría del conector

Después de varios diseños preliminares y comparaciones con los conectores de anclaje comerciales existentes, se opto por el siguiente modelo como la más viable solución al diseño del conector de anclaje.

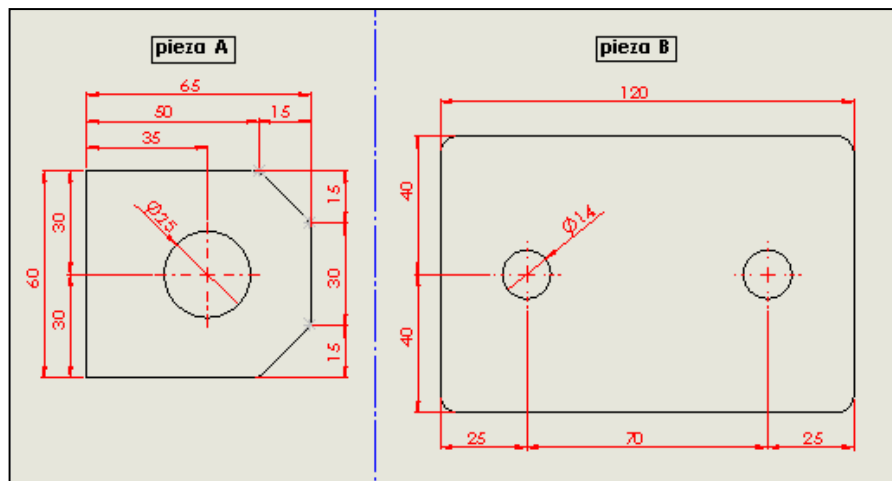
Figura 5. CAD conector de anclaje diseñado



Fuente: Los autores

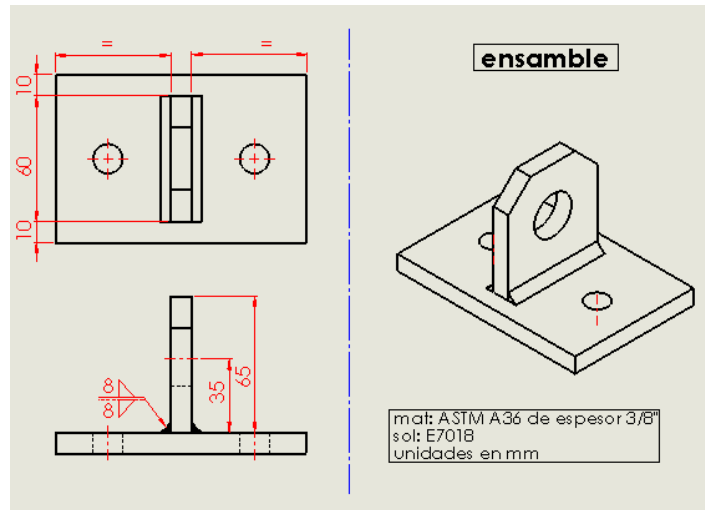
El diseño se basa en la unión mediante soldadura de dos piezas de acero de espesor igual a 3/8 in. A continuación se presenta la geometría de las piezas que componen el conector de anclaje y su ensamble.

Figura 6. Geometría de las partes del conector de anclaje



Fuente: Los autores

Figura 7. Ensamble del conector de anclaje



Fuente: Los autores

En los anexos se incorporan los planos de fabricación del conector de anclaje.

4.1.2 Material

4.1.2.1 Acero

El material escogido para fabricar el conector de anclaje es el acero estructural ASTM A36. Este es el más común de los aceros estructurales además de ser los más comerciales y los de menor precio. El acero ASTM A36 es usado mayormente en la construcción de estructuras metálicas como puentes, torres de energía, edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, entre otras. El acero ASTM A36 se presenta en una amplia variedad de formas tales como perfiles, planchas, tubos y laminas.

Tabla 1. La composición química de la colada

Carbono (C)	0.26% máx.
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fosforo (P)	0.04% máx.
Azufre (S)	0.05% máx.
Silicio (Si)	0.04% máx.
Cobre (Cu)	0.20% min.

Fuente: Los autores

El acero ASTM A36 tiene una densidad de 7850 kg/m³. Además posee un límite de fluencia de 250 MPa (36 ksi) y un límite de rotura de 410 MPa (58ksi) para láminas con espesor menor a 8 pulg. Para láminas de espesores mayores el límite de fluencia disminuye un poco a 220 MPa (ksi) pero mantiene el mismo límite de rotura.

El acero ASTM A36 es fácilmente soldable por casi todos los procesos de soldadura siendo los más comúnmente usados los menos costosos y rápidos como la soldadura por arco metálico protegido (SMAW), soldadura con arco metálico y gas (GMAW) o la soldadura oxiacetilénica.

4.1.2.2 Soldadura

Para realizar la soldadura se eligió el electrodo E7018 según clasificación AWS, este electrodo tiene un revestimiento de tipo básico de bajo carbono para ser utilizado con polaridad positiva o con corriente alterna. Además posee una alta tasa de deposición y bajas pérdidas por salpicaduras. El depósito de soldadura da una excelente resistencia al impacto a baja temperatura.

A la hora de soldar con el electrodo E7018 se debe evitar movimientos bruscos del electrodo para así mantener un arco corto.

Tabla 2. Propiedades mecánicas del electrodo E7018

Resistencia a la tracción	59-56 kg/mm ² (72-80 ksi)
Limite de fluencia	43-49 kg/mm ² (22-70 ksi)
Elongación	24 - 36%
Reducción de área	50 - 75%
Resistencia al impacto Charpy en V a -29 °C:	100 joules

Fuente: Catalogo West Arco.pdf

Tabla 3. Amperajes recomendados para el electrodo E7018

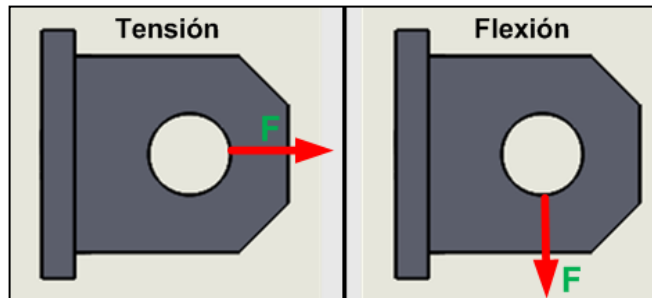
2.4x 300 mm (3/32")	70 -100 A
3.2 x 350 mm (1/8")	100 -145 A
4.0x 350 mm (5/32")	135 -200 A
4.8x 450 mm (3/16")	170 -270 A

Fuente: Catalogo West Arco.pdf

4.1.3 Calculo del anclaje

Para el diseño del conector de anclaje se hace un análisis estático en el cual se evalúan esfuerzos en el conector en 2 condiciones de carga diferentes, la primera es a tensión y la segunda a flexión.

Figura 8. Condiciones de carga par el conector de anclaje



Fuente: Los autores

Para el análisis de soldadura se tendrá en cuenta los esfuerzos permisibles y los factores de seguridad que se plantean en el código AISC para soldar metal.

Tabla 4. Esfuerzos permitidos por el código AISC para metal soldado

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n
Tensión	A tope	0.60Sy	1.67
Aplastamiento	A tope	0.90Sy	1.11
Flexión	A tope	0.60-0.66Sy	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	0.60Sy	1.67
cortante	A tope o de filete	0.40Sy	1.44

Fuente: Shigley's Mechanical Engineering Design.

4.1.3.1 Condición de carga a tensión

Para la condición de carga a tensión se evaluará los siguientes aspectos:

- Falla por apoyo directo

$$\sigma = F/A_{\text{apoyo}}$$

$$\sigma \leq Sy_{A36}$$

- Falla por desgarro

$$\tau = F/A_{\text{cortante}}$$

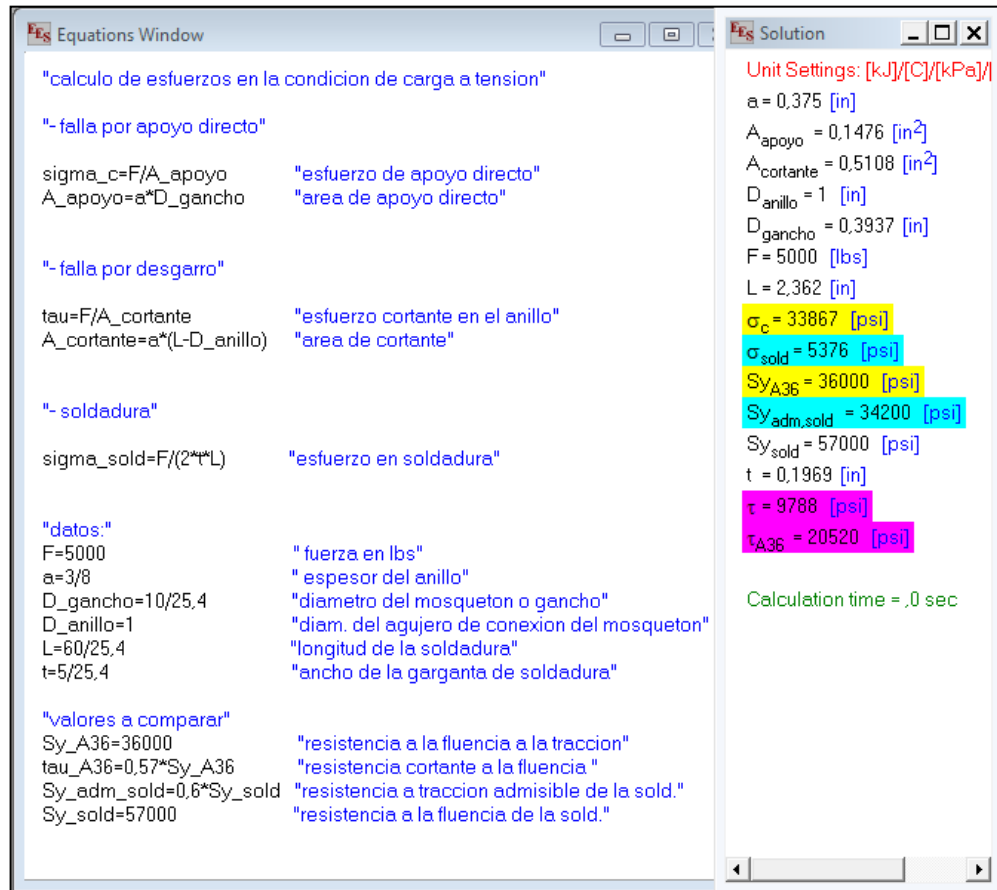
$$\tau \leq 0.57 \cdot Sy_{A36}$$

- Falla en la soldadura.

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot A_{\text{soldadura}}}$$

$$\sigma \leq 0.6 \cdot Sy_{\text{sold}}$$

Figura 9. Calculo de esfuerzos en el conector de anclaje a tensión



Fuente: Los autores

4.1.3.2 Condición de carga a flexión

Para la condición de carga a flexión se evaluara los siguientes aspectos:

- Falla por apoyo directo:

$$\sigma = F/A_{Apoyo}$$

$$\sigma \leq Sy_{A36}$$

- Para el cálculo por falla de la soldadura se plantean dos métodos: el método estándar europeo y método americano por cortante máximo.

Método americano convencional por cortante máximo:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\tau_{max} \leq 0.4 \cdot S_{y_{sold}}$$

Método estándar europeo:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_n + \tau_a)^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Figura 10. Calculo de esfuerzos en el conector de anclaje a flexión

The image shows a screenshot of a software application with two windows: "Equations Window" and "Solution".

Equations Window:

- Header: "calculo esfuerzos del conector de anclaje para condicion de flexion"
- Section: "- calculo para falla por apoyo directo"
 - Equation: $\sigma_c = F/A_{apoyo}$ (labeled "esfuerzo por apoyo directo")
 - Equation: $A_{apoyo} = a \cdot D_{gancho}$ (labeled "area de apoyo directo")
- Section: "calculo soldadura"
- Section: "1-metodo Americano convencional falla por cortante maximo"
 - Equation: $\sigma_1 = (3 \cdot F \cdot e) / (t \cdot L^2)$ (labeled "esfuerzo normal en sold")
 - Equation: $\tau_1 = F / (2 \cdot t \cdot L)$ (labeled "esfuerzo cortante en sold")
 - Equation: $\tau_{max} = \sqrt{(\sigma_1/2)^2 + \tau_1^2}$ (labeled "esfuerzo cortante maximo en sold")
 - Equation: $\tau_{adm} = 0.4 \cdot S_{y_{sold}}$ (labeled "resist. cortante adm. en sold")
- Section: "2- metodo estandar europeo"
 - Equation: $\sigma_{2A} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2)}$ (labeled "esfuerzo normal resultante en sold")
 - Equation: $\sigma_c = (3 \cdot F \cdot e) / (t \cdot L^2)$ (labeled "esfuerzo normal en sold")
 - Equation: $\tau_2 = F / (2 \cdot t \cdot L)$ (labeled "esfuerzo normal en sold")
 - Equation: $\sigma_{2B} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ (labeled "resistencia de comparacion")
- Section: "datos"
 - $F = 5000$ (labeled "fuerza en lbs")
 - $t = 5/25.4$ (labeled "ancho de garganta de la soldadura")
 - $L = 60/25.4$ (labeled "longitud de soldadura")
 - $S_{y_{sold}} = 57000$ (labeled "resistencia de fluencia de la soldadura")
 - $e = 35/25.4$ (labeled "dist. del punto de carga a la base del anillo")
 - $a = 3/8$ (labeled "espesor del anillo")
 - $D_{gancho} = 0.4$ (labeled "diametro del mosqueton o gancho")
 - $S_{y_{A36}} = 36000$ (labeled "resistencia de fluencia del acero A36")
 - $f_u = 36000$ (labeled "resistencia de fluencia del material mas debil")
 - $\beta_w = 0.85$ (labeled "factor de correlacion segun estandar europeo")
 - $\gamma_{M2} = 1.25$ (labeled "factor de seguridad segun estandar europeo")

Solution Window:

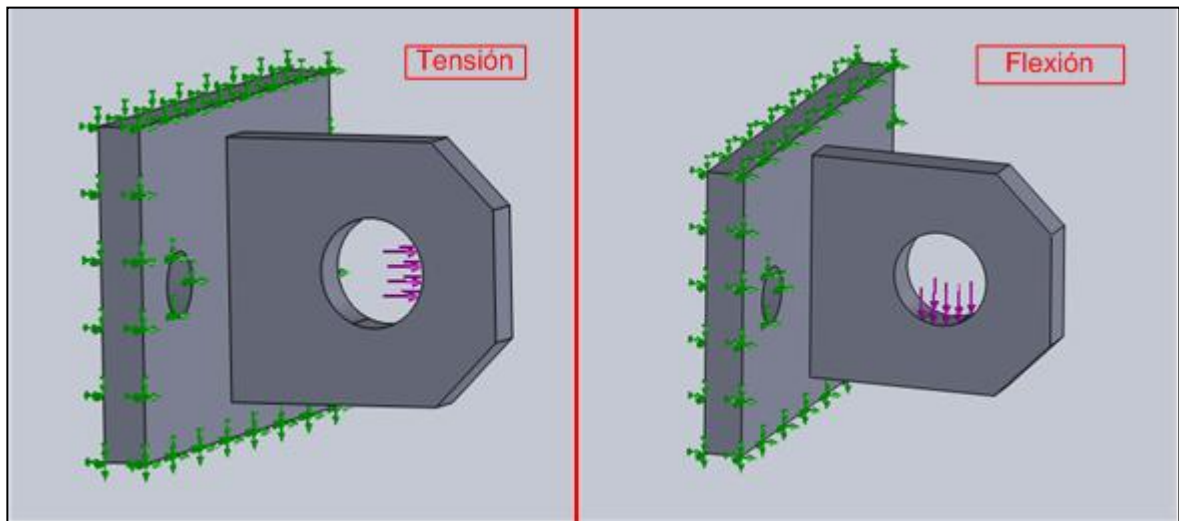
- Unit Settings: [kJ]/[C]/[kF]
- $a = 0.375$ [in]
- $A_{apoyo} = 0.15$ [in²]
- $\beta_w = 0.85$
- $D_{gancho} = 0.4$ [in]
- $e = 1.378$ [in]
- $F = 5000$ [lbs]
- $f_u = 36000$ [psi]
- $\gamma_{M2} = 1.25$
- $L = 2.362$ [in]
- $\sigma = 18817$ [psi]
- $\sigma_1 = 18817$ [psi]
- $\sigma_{2A} = 20995$ [psi]
- $\sigma_{2B} = 33882$ [psi]
- $\sigma_c = 33333$ [psi]
- $S_{y_{A36}} = 36000$ [psi]
- $S_{y_{sold}} = 57000$ [psi]
- $t = 0.1969$ [in]
- $\tau_1 = 5376$ [psi]
- $\tau_2 = 5376$ [psi]
- $\tau_{adm} = 22800$ [psi]
- $\tau_{max} = 10836$ [psi]
- Calculation time = .0 sec

Fuente: Los autores

4.1.4 Análisis en SolidWorks

A continuación se presenta el análisis CAE realizado mediante el software SolidWorks para la verificación del diseño presentado.

Figura 11. Modelado conector de anclaje para análisis CAE



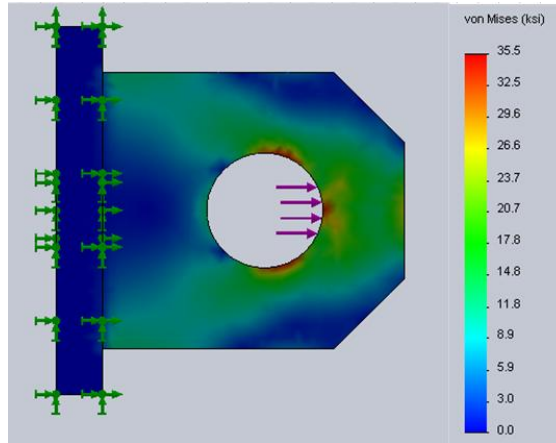
Fuente: Los autores

Como en el análisis teórico se van a evaluar 2 condiciones de carga una a tensión y la otra a flexión. En cada uno de los casos se toma como geometría fija la base del conector de anclaje y se le aplica la fuerza de 5000 lb en la dirección correspondiente a cada condición de carga.

4.1.4.1 Condición de carga a tensión

- Falla por apoyo directo: en la grafica se observa que el valor de máximo del esfuerzo en esta zona es de 35.5 ksi, siendo levemente mayor al teórico calculado, pero aun así menor que límite de fluencia del acero ASTM A36.

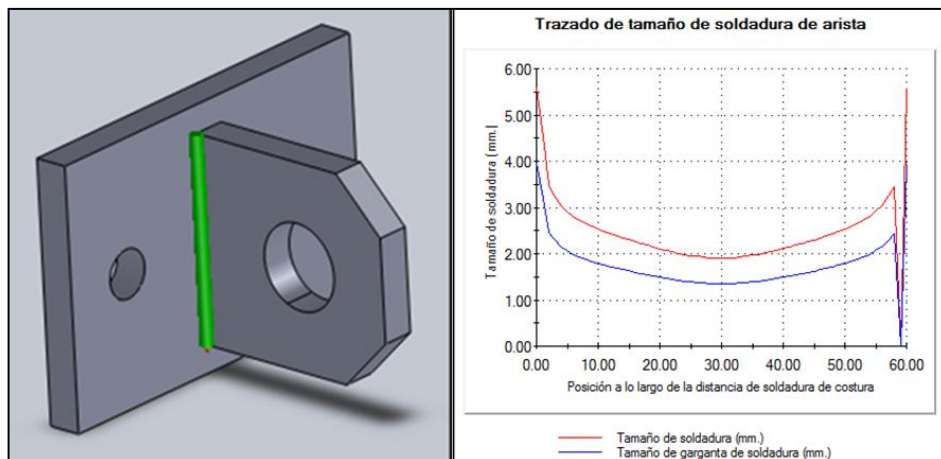
Figura 12. Diagrama esfuerzos en el conector de anclaje a tensión



Fuente: Los autores

- Falla en la soldadura: para el análisis de la soldadura, SolidWorks ofrece dentro de su software un análisis de comprobación de soldadura, en el cual como datos de entrada se piden el material del electrodo y el tamaño de la soldadura. Después de ejecutar el análisis es posible verificar si los parámetros de la soldadura dados son satisfactorios. En el caso del diseño planteado para el conector de anclaje, se puede observar que el tamaño de la soldadura exigida no supera los 6 mm.

Figura 13. Análisis de soldadura en el conector de anclaje a tensión

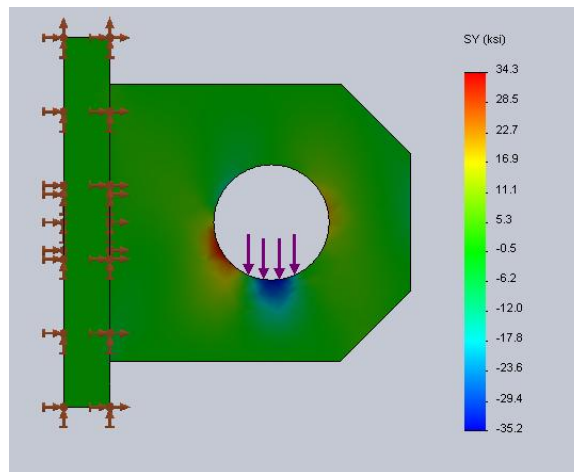


Fuente: Los autores

4.1.4.2 Condición de carga a flexión

- Falla por apoyo directo: en la grafica se observa un valor de esfuerzo en la zona de apoyo del mosquetón de 35.2 ksi siendo este levemente mayor al teórico calculado, pero aun así menor que límite de fluencia del acero ASTM A36.

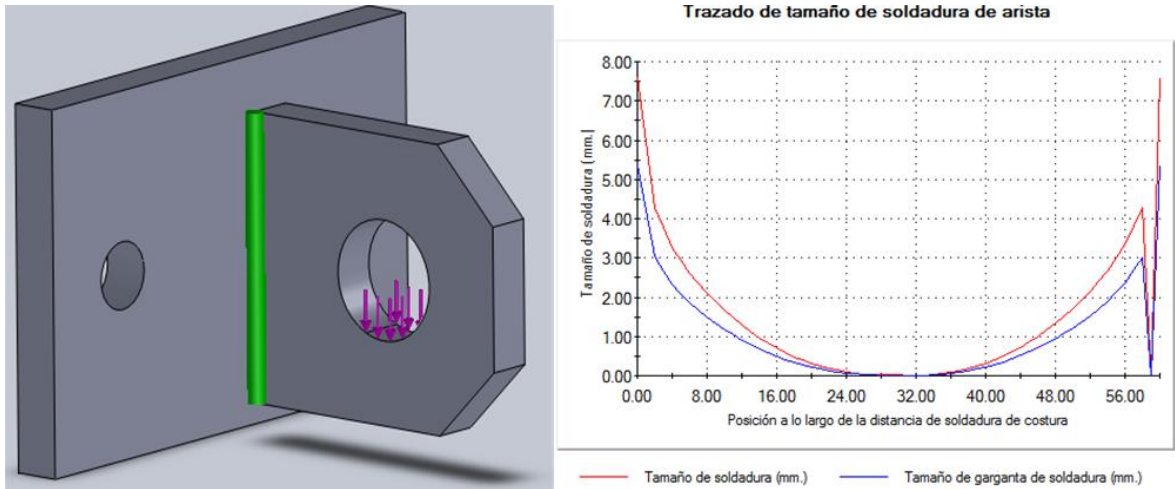
Figura 14. Diagrama esfuerzos en el conector de anclaje a flexión



Fuente: Los autores

- Falla en la soldadura: para el análisis de la soldadura en la condición de carga a flexión, se utilizó la misma herramienta de comprobación de soldadura que se utilizó en la condición de carga a tracción. Después de ejecutar el análisis se puede observar que el tamaño de la soldadura requerida no excede los 8 mm.

Figura 15. Análisis de soldadura en el conector de anclaje a flexión



Fuente: Los autores

Acorde con los resultados presentados anteriormente del análisis realizado por medio del software SolidWorks y su paquete de elementos finitos, es posible decir que en una forma teórica, el diseño planteado para el conector de anclaje fijo cumple con los requisitos de carga exigidos para este tipo de elementos.

4.2 ANCLAJES DE FIJACION

El conector de anclaje descrito anteriormente se debe diseñar de manera conjunta y simultanea, teniendo en cuenta los elementos de fijación que lo aseguran a la estructura ya sea esta un muro, un techo, una columna u otra. Los elementos utilizados para este tipo de fijación son comúnmente llamados anclajes de fijación. Es por esto que a continuación se presenta una descripción de los tipos y formas de falla de elementos de fijación.

4.2.1 Tipos de anclaje de fijación:

Existen tres formas en que los anclajes pueden trabajar.

4.2.1.1 Por fricción o rozamiento

En este caso la fuerza de tracción aplicada al anclaje se transfiere por rozamiento o fricción al material base. La manera en que funciona este tipo de anclajes es aumentando el contacto entre el anclaje y el material base mediante la expansión de la cabeza del anclaje por medio de un torque controlado. Dado que la expansión de este tipo de anclajes introduce mucha presión en el material base es muy importante no usarlos en materiales poco resistentes como ladrillos y bloques de mampostería.

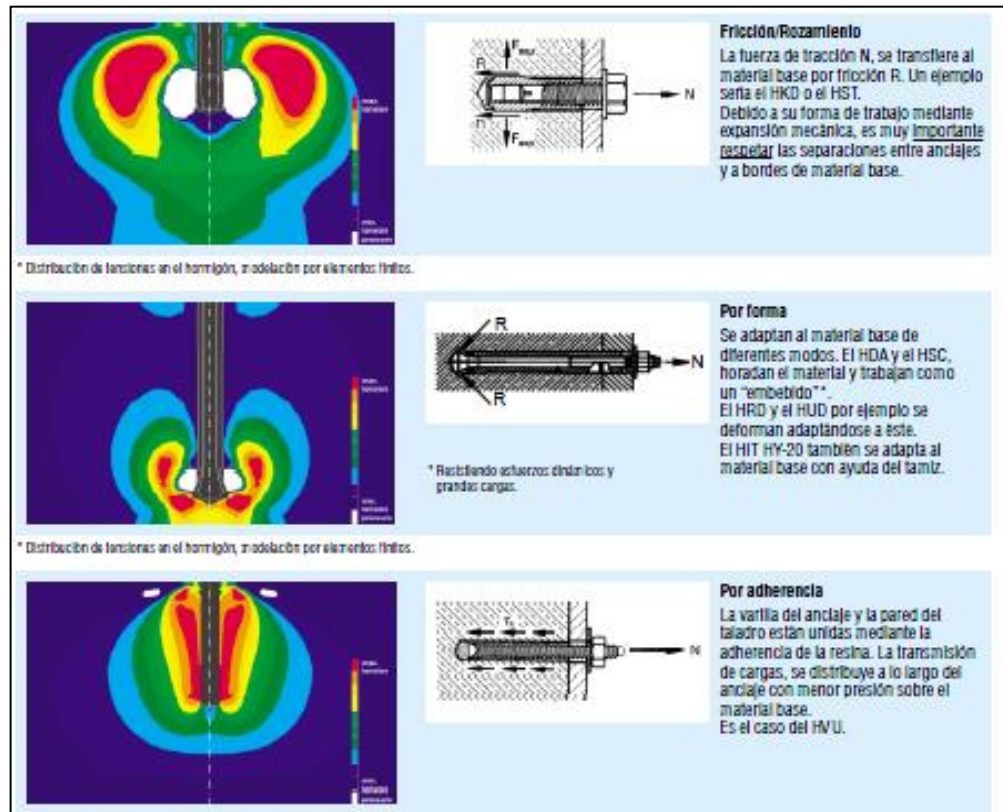
4.2.1.2 Por forma

En este caso la fuerza de tracción aplicada al anclaje se transfiere por medio de esfuerzos perpendiculares al material base, logrando así que el material base trabaje a compresión. La manera en que funciona este tipo de anclaje es girando la camisa del anclaje logrando que la cabeza metálica del mismo se vaya introduciendo en el material base taladrándolo y así producir un contacto perfecto entre el anclaje y el material base.

4.2.1.3 Por adherencia:

En este caso la forma de transmisión de la carga se produce en todo el largo del anclaje gracias a la adherencia entre el acero y la resina y la resina y el material base. Debido a que la transmisión de cargas se efectúa en una superficie de área mayor, se logra que la presión sobre el material base sea menor.

Figura 16. Formas en que pueden trabajar los anclajes de fijación.



Fuente: HILTI: Sistemas de fijación: anclajes.pdf

4.2.2 Factores que influyen en el cálculo:

4.2.2.1 Características del material base

El material base es quien va a soportar las cargas, por lo tanto el conocer sus características mecánicas es muy importante. La selección de un tipo de anclaje de fijación u otro depende en gran medida del tipo de material base siendo el más habitual de estos el hormigón.

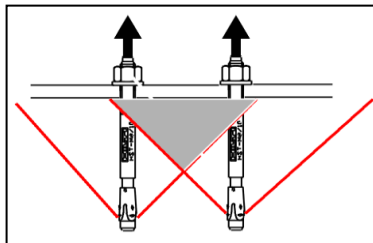
4.2.2.2 Espesor de la chapa de acero

Este factor es importante ya que una placa o chapa que no sea lo suficientemente rígida puede producir efectos locales que no permiten que la carga sea uniformemente distribuida en todos los anclajes de fijación.

4.2.2.3 Separación entre anclaje

Entre menor sea la separación entre anclajes de fijación menor será la capacidad del material base para soportar las cargas, ya que este se encontrará más cargado debido a la intersección de las zonas de afectación de cada anclaje.

Figura 17. Separación entre anclaje de fijación

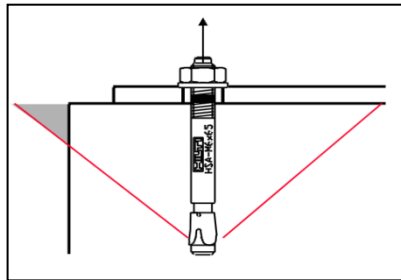


Fuente: HILTI: Sistemas de fijación: anclajes.pdf

4.2.2.4 Distancia al borde

De manera similar que en la separación entre anclajes, entre menor sea la distancia al borde menor va a ser la capacidad del material base de soportar la, debido a que la zona (en forma de cono) que se ve afectada por la carga se reduce.

Figura 18. Distancia a borde

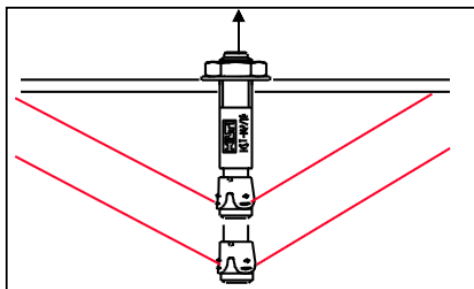


Fuente: HILTI: Sistemas de fijación: anclajes.pdf

4.2.2.5 Profundidad de empotramiento:

Otra forma de influir en el tamaño de esta zona en forma de cono que soporta la carga en el material base es mediante la profundidad de empotramiento, de esta forma entre mayor sea el empotramiento mayor va a ser el tamaño del cono y de igual manera la capacidad del material base de resistir la carga.

Figura 19. Profundidad de empotramiento



Fuente: HILTI: Sistemas de fijación: anclajes.pdf

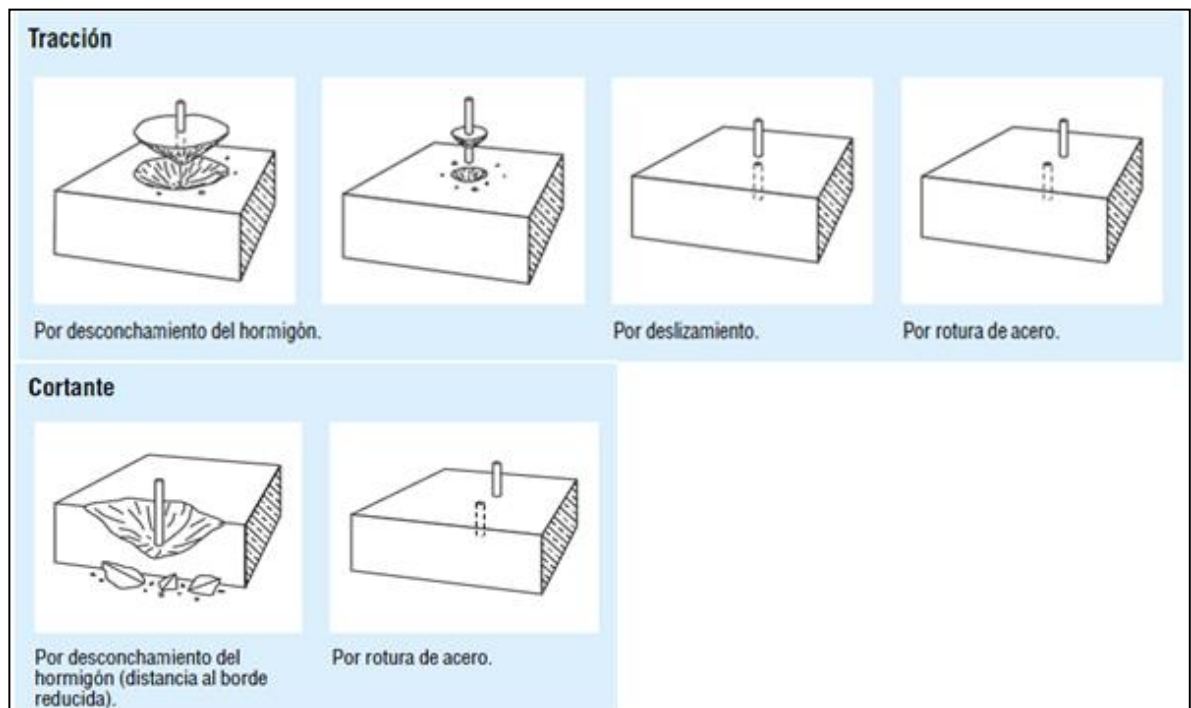
4.2.2.6 Carga aplicada:

Este es el principal factor de influencia en la selección y cálculo de los anclajes ya que la función de estos es precisamente soportar y transmitir las cargas al material base.

4.2.3 Formas de falla en los anclajes de fijación.

A continuación se muestran las formas de falla del anclaje, tanto para cargas a tensión como cargas a cortante.

Figura 20. Modos de falla de los anclajes de fijación



Fuente: HILTI: Sistemas de fijación: anclajes.pdf

4.2.4 Método de cálculo.

La norma NTC 2037 establece que la estabilidad y compatibilidad de los acoples entre los conectores de anclaje y los anclaje (estructura de concreto) deben ser tomadas en cuenta en el montaje y uso de los conectores de anclaje, además estipula que estos no deben ser instalados en las estructuras cuando estas

uniones presenten una resistencia menor al requisito establecido para los conectores de anclaje.

Basados en lo anterior se decide evaluar el comportamiento de los anclajes de fijación dentro del diseño del conector de anclaje. Actualmente para realizar esta evaluación son ampliamente aceptados el método de diseño por esfuerzos permisibles (ASD) por sus siglas en ingles y el método de diseño por resistencia (SD) por sus siglas en ingles, estos dos métodos se basan en la evaluación de las condiciones de carga y la capacidad de los anclajes de fijación.

4.2.4.1 Método cargas permisibles:

Este método se basa en la aplicación de un factor de seguridad global al valor medio de resistencia última producto de pruebas de laboratorio, este factor de seguridad global pretende cubrir las variaciones en las condiciones de carga, material base e instalación, respecto a las planteadas en las pruebas de laboratorio. Además del factor de seguridad ya mencionado, se deben aplicar otros factores por influencia de distancia a borde y distancia entre anclajes de fijación. A continuación presentamos de forma breve las ecuaciones utilizadas en este método.

- Tension:

$$N_{rec} \geq N_{sol}$$
$$N_{rec} = N_{allow} \cdot f_{RN} \cdot f_A$$
$$N_{allow} = \frac{N_{med}}{v}$$

Donde:

N_{rec} = carga recomendada para este tipo de anclaje de fijación y montaje.

N_{sol} = carga solicitada

N_{allow} = carga permisible para un anclaje de fijación.

f_RN= factor de ajuste por distancia a borde.

f_A= factor de ajuste por distancia entre anclaje de fijación

Nmed= carga ultima media producto de ensayos.

v= factor de seguridad global.

- Corte:

$$V_{rec} \geq V_{sol}$$
$$V_{rec} = V_{allow} \cdot f_{RVN} \cdot f_A$$
$$V_{allow} = \frac{V_{med}}{v}$$

Donde:

V_rec= carga recomendada para este tipo de anclaje de fijación y montaje.

V_sol= carga solicitada

V_allow= carga permisible para un anclaje de fijación.

f_RN= factor de ajuste por distancia a borde.

f_A= factor de ajuste por distancia entre anclaje de fijación

V_med= carga ultima media producto de ensayos.

v= factor de seguridad global (comúnmente entre 4 y 8)

Los factores de ajuste por distancia a borde por distancia entre anclajes de fijación deben aplicar si:

$$S_{min} \leq S \leq S_{cr}$$
$$C_{min} \leq C \leq C_{cr}$$

Donde:

S_min= distancia mínima entre anclaje de fijación.

S= distancia real entre anclajes de fijación.

S_cr= distancia crítica entre anclaje de fijación.

C_min= distancia mínima a borde.

C= distancia real a borde.

C_{cr}= distancia crítica a borde.

Interacción de cargas:

$$\left[\frac{N_{sol}}{N_{rec}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{V_{sol}}{V_{rec}} \right]^{\alpha} \leq 1.0$$

Donde:

α = exponente entre 1 y 2.

4.2.4.2 Método de diseño por resistencia:

Este método se basa en la evaluación de cada uno de los diferentes modos de falla, aplicando los respectivos factores de ajuste a la capacidad del anclaje de fijación y así compararlo con la carga solicitada. Este método se considera una aplicación más fiable que el método de cargas permisibles (ASD) en la evaluación de anclajes de fijación. A continuación se presenta una breve descripción de las ecuaciones planteadas en este método, el cual se describe en detalle en el apéndice D del código ACI 318.

Tracción:

$$\phi N_n \geq N_{ua}$$

Corte:

$$\phi V_n \geq V_{ua}$$

Donde:

N_n= la más baja resistencia (N_{sa}, N_{pn}, N_{sb} ó N_{sbg}, N_{cb} ó N_{cbg}) determinada para los diferentes modos de falla a tracción.

V_n= la más baja resistencia (V_{sa}, N_{cpb} ó N_{cpg}, N_{cb} ó N_{cbg}) determinada para los diferentes modos de falla a corte

N_{ua}= es el valor de carga solicitada a tracción.

V_{ua}= es el valor de carga solicitada a corte.

Φ=factor de reducción de resistencia.

- **Tracción:**

Resistencia del acero a tracción:

$$N_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

Donde:

N_{sa}= resistencia del acero a tracción.

n= numero de anclajes de fijación.

A_{se}=área efectiva de la sección transversal del anclaje.

f_{uta}= resistencia ultima a la tracción.

Resistencia a la rotura por cono de hormigón:

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \varphi_{edN} \cdot \varphi_{cN} \cdot \varphi_{cpN} \cdot N_b \quad (\text{Para un solo anclaje de fijación.})$$

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \varphi_{ecN} \cdot \varphi_{edN} \cdot \varphi_{cN} \cdot \varphi_{cpN} \cdot N_b \quad (\text{Para un grupo de anclajes de fijación.})$$

Donde:

N_{cb}= resistencia a la rotura de hormigón para un anclaje.

N_{cbg} = resistencia a la rotura de hormigón para un grupo de anclajes.

A_{Nc} = área de falla proyectada del hormigón a tracción.

A_{Nco} = área de falla nominal proyectada del hormigón a tracción, para un anclaje.

$$A_{Nco} = 9 \cdot h_{ef}^2$$

h_{ef} = profundidad efectiva de empotramiento.

N_b = resistencia básica al arrancamiento del concreto a tracción de un anclaje.

$$N_b = k_c \cdot \sqrt{f_c} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

k_c = coeficiente para la resistencia básica al arrancamiento del concreto a tracción.

f_c = resistencia del concreto.

φ_{ecN} = factor de modificación por excentricidad.

$$\varphi_{ecN} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{3h_{ef}}} \leq 1.0$$

e_N = distancia entre el centroide del grupo de anclajes y la carga a tracción.

φ_{edN} = factor de modificación por efecto de borde.

$$\varphi_{edN} = 1.0 \quad \text{si } C_{amin} \geq 1.5h_{ef}$$
$$\varphi_{edN} = 0.7 + 0.3 \frac{C_{amin}}{1.5h_{ef}} \quad \text{si } C_{amin} < 1.5h_{ef}$$

C_{amin} = distancia mínima a borde.

φ_{cN} = factor de modificación que considera la fisuración.

$$\varphi_{cN} = 1.25 \quad \text{para anclajes preinstalados}$$
$$\varphi_{cN} = 1.4 \quad \text{para anclajes postinstalados}$$

φ_{cpN} = factor de modificación para anclajes postinstalados.

$$\varphi_{cpN} = 1.0 \quad \text{si } C_{amin} \geq C_{ac}$$
$$\varphi_{cpN} = \max\left(\frac{C_{amin}}{C_{ac}}; \frac{1.5h_{ef}}{C_{ac}}\right) \quad \text{si } C_{amin} < C_{ac}$$

C_{ac} = distancia crítica a borde.

Resistencia a la extracción:

$$N_{pn} = \varphi_{cp} \cdot N_{pn}$$

Donde:

N_p = resistencia a la extracción de un anclaje. (Para anclajes postinstalados debe basarse en pruebas de laboratorio)

φ_{cp} = factor de modificación a la resistencia por extracción.

$$\varphi_{cp} = 1.0 \quad \text{si es hormigón fisurado}$$

$$\varphi_{cp} = 1.4 \quad \text{si es hormigón no fisurado}$$

Resistencia al desprendimiento lateral del concreto:

No aplica a anclajes de fijación postinstalados.

- **Corte:**

Resistencia del acero a cortante:

$$V_{sa} = n \cdot 0.6 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad (\text{Para anclajes postinstalados})$$

Donde:

V_{sa} = resistencia del acero a corte.

Resistencia a la rotura por cono de hormigón:

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \cdot \varphi_{edV} \cdot \varphi_{cV} \cdot V_b \quad (\text{Para un solo anclaje})$$

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \cdot \varphi_{ecV} \cdot \varphi_{edV} \cdot \varphi_{cV} \cdot V_b \quad (\text{Para un grupo de anclajes})$$

Donde:

V_{cb} = resistencia a la rotura de hormigón para un anclaje.

V_{cbg} = resistencia a la rotura de hormigón para un grupo de anclajes.

A_{vc} = área de falla proyectada del hormigón a corte.

A_{vco} = área de falla nominal proyectada del hormigón a corte, para un anclaje.

$$A_{vco} = 4.5 \cdot (C_{a1})^2$$

C_{a1} = distancia a borde en dirección de la carga a corte.

V_b = resistencia básica al arrancamiento del concreto a corte de un anclaje.

$$V_b = 0.6 \left(\frac{l_e}{d_o} \right)^{0.2} \cdot \sqrt{d_o} \cdot \sqrt{f_c} \cdot (C_{a1})^{1.5}$$

l_e = longitud de apoyo.

$$l_e = h_{ef} \quad (\text{Para anclajes preinstalados con cabeza})$$

$$l_e = 2d_o \quad (\text{Para anclajes postinstalados de torque controlado})$$

d_o = diámetro exterior del anclaje.

φ_{ecV} = factor de modificación por excentricidad a cortante.

$$\varphi_{ecV} = \frac{1}{1 + \frac{2e_v}{3C_{a1}}} \leq 1.0$$

e_v = distancia entre el centroide del grupo de anclajes y la carga a corte

φ_{edV} = factor de modificación por efecto de borde a corte.

$$\varphi_{edV} = 1.0 \quad \text{si } C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$$

$$\varphi_{edV} = 0.7 + 0.3 \frac{C_{a2}}{1.5C_{a1}} \quad \text{si } C_{a2} < 1.5C_{a1}$$

C_{a2} = distancia a borde en dirección perpendicular a C_{a1} .

φ_{cv} = factor de modificación que considera la fisuración a corte.

$$\varphi_{cv} = 1.4 \quad \text{para hormigon no fisurado}$$

Resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo del anclaje sometido a cortante:

$$V_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cb} \quad (\text{Para un solo anclaje})$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} \quad (\text{Para un grupo de anclaje})$$

Donde:

V_{cp} = resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo a corte de un anclaje.

V_{cpg} = resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo a corte de un grupo de anclaje.

k_{cp} = coeficiente para la resistencia al desprendimiento.

$$k_{cp} = 1.0 \quad \text{para } h_{ef} < 65 \text{ mm}$$

$$k_{cp} = 2.0 \text{ para } h_{ef} \geq 65 \text{ mm}$$

N_{cb} = resistencia a la rotura de hormigón para un anclaje a tracción.

N_{cbg} = resistencia a la rotura de hormigón para un grupo de anclajes a tracción.

- **Interacción de cargas**

Si $V_{ua} \leq 0.2\phi V_n$, entonces se permite usar la resistencia total en tracción:

$$\phi N_n \geq N_{ua}$$

Si $N_{ua} \leq 0.2\phi N_n$, entonces se permite usar la resistencia total en tracción:

$$\phi V_n \geq V_{ua}$$

Si $V_{ua} > 0.2\phi V_n$ y $N_{ua} > 0.2\phi N_n$, entonces:

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1.2$$

4.2.5 Evaluación del diseño planteado

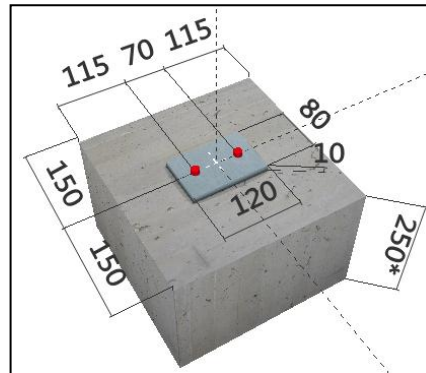
Para el diseño del conector de anclaje planteado, se opta por utilizar anclajes de fijación por rozamiento de torque controlado ½ in x 4 1/2 in de la marca comercial Hilti.

Se opta por este tipo de anclaje de fijación y marca, por su bajo costo comercial y por la disposición de fichas técnicas, las cuales presentan valores de resistencia derivadas de ensayos acorde a la norma ASTM E-4888 e ICC-ES AC01 para el método de diseño por cargas permisibles (ASD) y mediante ensayos acorde al código ACI 355.2 e ICC-ES AC193 para el método de diseño por resistencias (SD).

Para la evaluación del conector de anclaje y sus elementos de fijación, se plantea su instalación en un bloque de hormigón de 3000 psi y de dimensiones de

30x30x25 cm, con el fin de simular la instalación en una columna o una viga de esas dimensiones como anclaje estructural.

Figura 21. Dimensiones del bloque de concreto supuesto para instalación



Fuente: Los autores

Datos del hormigón:

Tipo: no fisurado

Resistencia: 3000 psi

Dimensiones: 30x30x25 cm

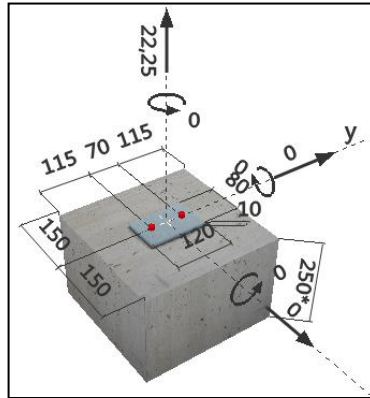
A continuación se desarrolla el análisis de los dos métodos vistos anteriormente para la evaluación en condiciones de instalación planteadas de los anclajes de fijación utilizados en el conector de anclaje diseñado. Para cualquier variación en las condiciones planteadas deberán ser evaluadas tomando como base o modelo de análisis el desarrollo planteado a continuación.

4.2.5.1 Desarrollo método cargas permisibles (ASD):

Para el análisis por este método se utilizarán datos del sitio planteado para la instalación y algunos los datos presentes en las fichas técnicas del anclaje de fijación Kwik Bolt 3 de la marca ya mencionada Hilti. Al igual que el conector de anclaje se evaluarán 2 condiciones de carga una a tracción y la otra a corte.

- **Tracción:**

Figura 22. Carga tracción método cargas permisibles (ASD)



Fuente: Los autores

Acorde a las ecuaciones ya descritas para evaluar el diseño mediante este método y apoyados en las fichas técnicas que ofrece el fabricante tenemos:

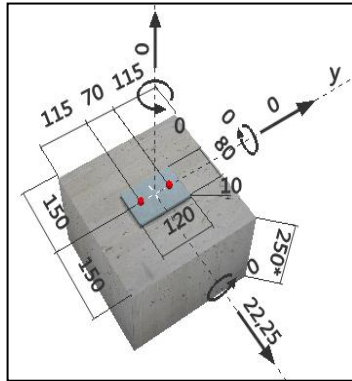
Figura 23. Análisis a tracción conector de anclaje método cargas permisibles

Formatted Equations	Solution
<p>traccion</p> $N_{allow} = \frac{N_{med}}{v}$ $N_{rec} = N_{allow} \cdot f_{RN} \cdot f_A$ <p>datos:</p> <p>valores tomados de la ficha tecnica</p> $N_{med} = 36,5$ $f_{RN} = 0,87$ $f_A = 0,6$ <p>valor asumido</p> $v = 1,5$ <p>valores de carga</p> $N_{sol} = \frac{22,25}{n}$ $n = 2 \quad \text{numero de anclajes}$	<p>Unit Settings: [kJ]/[C]/[</p> $f_A = 0,6$ $f_{RN} = 0,87$ $n = 2$ $N_{allow} = 24,33 \text{ [KN]}$ $N_{med} = 36,5 \text{ [KN]}$ $N_{rec} = 12,7 \text{ [KN]}$ $N_{sol} = 11,13 \text{ [KN]}$ $v = 1,5$ <p>Calculation time = .0 se</p>

Fuente: los autores

- **Corte:**

Figura 24. Carga a corte método cargas permisibles (ASD)



Fuente: Los autores

Acorde a las ecuaciones ya descritas para evaluar el diseño mediante este método y apoyados en las fichas técnicas que ofrece el fabricante tenemos:

Figura 25. Análisis a corte conector de anclaje método cargas permisibles

FEs Formatted Equations	FEs Solution
<p>corte</p> $V_{allow} = \frac{V_{med}}{v}$ $V_{rec} = V_{allow} \cdot f_{RN} \cdot f_A$	<p>Unit Settings: [kJ]/[C]</p> <p>$f_A = 0,9$</p> <p>$f_{RN} = 0,87$</p> <p>$f_{RN1} = 1,176$</p> <p>$f_{RN2} = 0,74$</p> <p>$n = 2$</p> <p>$v = 1,5$</p> <p>$V_{allow} = 26,87 \text{ [KN]}$</p> <p>$V_{med} = 40,3 \text{ [KN]}$</p> <p>$V_{rec} = 21,04 \text{ [KN]}$</p> <p>$V_{sol} = 11,13 \text{ [KN]}$</p> <p>Calculation time = ,0</p>
<p>datos:</p> <p>valores tomados de la ficha tecnica</p> <p>$V_{med} = 40,3$</p> <p>$f_{RN} = f_{RN1} \cdot f_{RN2}$</p> <p>$f_{RN} = 0,87$</p> <p>$f_{RN2} = 0,74$</p> <p>$f_A = 0,9$</p> <p>valor asumido</p> <p>$v = 1,5$</p> <p>valores de carga</p> <p>$V_{sol} = \frac{22,25}{n}$</p> <p>$n = 2$ numero de anclajes</p>	

Fuente: Los autores

Para resumir tenemos que la carga solicitada es menor que la capacidad o carga recomendada para este tipo de anclaje, tal como se ve en siguiente tabla.

Tabla 5. Comparación carga-capacidad método cargas permisibles

	Carga recomendada [KN]	Carga solicitada [KN]
Tracción	12.27	11.13
Corte	21.04	11.13

Fuente: los autores

4.2.5.2 Desarrollo del Método de diseño por resistencia (SD):

Para el análisis por este método se utilizaran datos del sitio planteado para la instalación, algunos datos tomados de las fichas técnicas del anclaje de fijación Kwik Bolt 3 de la marca ya mencionada Hilti y las ecuaciones ya planteadas para el desarrollo del análisis. Al igual que el conector de anclaje se evaluaran 2 condiciones de carga una a tracción y la otra a corte.

- **Tracción:**

Acorde a las ecuaciones ya descritas para evaluar el diseño mediante este método y apoyados en las fichas técnicas que ofrece el fabricante tenemos:

Figura 26. Análisis a tracción conector de anclaje método diseño por resistencias

<p>traccion</p> <p>- resistencia del acero a traccion</p> $\phi N_{sa} = \phi_{sa} \cdot N_{sa}$ $N_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$ <p>datos:</p> <p>$n = 2$</p> <p>$A_{se} = 71$ dado por el fabricante</p> <p>$f_{uta} = 730,84$ dado por el fabricante</p> <p>$\phi_{sa} = 0,75$</p> <p>- resistencia nominal al arrancamineto</p> $\phi N_{pn} = \phi_{pn} \cdot N_{pn}$ <p>$N_{pn} = \psi_{cp} \cdot N_p$ ecuacion acorde a la norma ACI 318</p> $N_{pn} = n \cdot N_{pn2500} \cdot \sqrt{\frac{f_{cin}}{2500}}$ recomendacion del fabricante	<p>datos:</p> <p>$N_{pn2500} = 29091$ dado por el fabricante</p> <p>$f_{cin} = 3000$</p> <p>$\phi_{pn} = 0,65$</p> <p>- resistencia al arrancamineto del concreto</p> $\phi N_{cb} = \phi_{cb} \cdot N_{cbg}$ $N_{cbg} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \psi_{ecN} \cdot \psi_{edN} \cdot \psi_{cN} \cdot \psi_{cpN} \cdot N_b$ $A_{NCO} = 9 \cdot h_{ef}^2$ $N_b = K_c \cdot \sqrt{f_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$ $\psi_{ecN} = \frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{e_n}{3} \cdot h_{ef}}$ $\psi_{edN} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{C_{amin}}{1,5 \cdot h_{ef}}$	<p>$\psi_{cN} = 1,4$</p> $\psi_{cpN1} = \frac{C_{amin}}{C_{ac}}$ $\psi_{cpN2} = 1,5 \cdot \frac{h_{ef}}{C_{ac}}$ <p>$\psi_{cpN} = \text{Max}(\psi_{cpN1}; \psi_{cpN2})$</p> <p>datos:</p> <p>$A_{NC} = 300 \cdot 300$</p> <p>$h_{ef} = 83$ dado por el fabricante</p> <p>$K_c = 7$</p> <p>$e_n = 0$</p> <p>$C_{amin} = 115$</p> <p>$C_{ac} = 143$ dado por el fabricante</p> <p>$f_c = 20,68$</p> <p>$\phi_{cb} = 0,65$</p>
--	---	--

Fuente: Los autores

Figura 27. Resultados análisis a tracción método diseño por resistencias

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]

$A_{NC} = 90000$ [mm ²]	$A_{NCO} = 62001$ [mm ²]	$A_{se} = 71$ [mm ²]
$C_{ac} = 143$ [mm]	$C_{amin} = 115$ [mm ²]	$e_n = 0$
$f_c = 20,68$ [MPa]	$f_{cin} = 3000$ [psi]	$f_{uta} = 730,8$ [MPa]
$h_{ef} = 83$ [mm]	$K_c = 7$	$n = 2$
$N_b = 24071$ [N]	$N_{cbg} = 41614$ [N]	$N_{pn} = 63735$ [N]
$N_{pn2500} = 29091$ [N]	$N_{sa} = 103779$ [N]	$\phi N_{cb} = 27049$ [N]
$\phi N_{pn} = 41428$ [N]	$\phi N_{sa} = 77834$ [N]	$\phi_{cb} = 0,65$
$\phi_{pn} = 0,65$	$\phi_{sa} = 0,75$	$\psi_{cN} = 1,4$
$\psi_{cpN} = 0,8706$	$\psi_{cpN1} = 0,8042$	$\psi_{cpN2} = 0,8706$
$\psi_{ecN} = 1$	$\psi_{edN} = 0,9771$	

Fuente: Los autores

- **Corte:**

Acorde a las ecuaciones ya descritas para evaluar el diseño mediante este método y apoyados en las fichas técnicas que ofrece el fabricante tenemos:

Figura 28. Análisis a corte conector de anclaje método diseño por resistencias

<p>corte</p> <p>-resistencia del acero</p> $\phi V_s = \phi_s \cdot V_s$ $V_s = n \cdot 0,6 \cdot A_{se} \cdot f_{sa}$ <p>datos:</p> <p>$n = 2$</p> <p>$A_{se} = 71$ dado por el fabricante</p> <p>$f_{sa} = 731$ dado por el fabricante</p> <p>$\phi_s = 0,75$</p> <p>-resistencia al arrancamiento del concreto</p> $\phi V_{co} = \phi_{co} \cdot V_{co}$ $V_{co} = \frac{A_v}{A_{uo}} \cdot \psi_{ecv} \cdot \psi_{edv} \cdot \psi_{or} \cdot V_o$ $V_o = 0,6 \left[\frac{l_e}{d_o} \right]^{0,2} \cdot \sqrt{d_o} \cdot \sqrt{f_c} \cdot C_{31}^{1,5}$ $A_{uo} = 4,5 \cdot C_{31}^2$ $\psi_{ecv} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_v}{3 \cdot C_{31}}}$ $\psi_{edv} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{C_{32}}{1,5 \cdot C_{31}}$ $\psi_{or} = 1,4$	<p>datos:</p> <p>$A_v = 300 \cdot 1,5 \cdot C_{31}$</p> <p>$C_{31} = 150$</p> <p>$l_e = 2 \cdot d_o$</p> <p>$d_o = 13$</p> <p>$e_v = 0$</p> <p>$C_{32} = 115$</p> <p>$f_c = 20,68$</p> <p>$\phi_{co} = 0,75$</p> <p>-resistencia al desprendimiento por cabeceo</p> $\phi V_{cp} = \phi_{cp} \cdot V_{cp}$ $V_{cp} = K_{cp} \cdot N_{cp}$ $N_{cp} = \frac{A_{No}}{A_{Noo}} \cdot \psi_{ecN} \cdot \psi_{edN} \cdot \psi_{cN} \cdot \psi_{cpN} \cdot N_o$ $A_{Noo} = 9 \cdot h_{ef}^2$ $\psi_{ecN} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_n}{3 \cdot h_{ef}}}$ $\psi_{edN} = 0,7 + \frac{0,3 \cdot C_{amin}}{1,5 \cdot h_{ef}}$ $\psi_{cN} = 1,4$	$\psi_{cpN1} = \frac{C_{amin}}{C_{3c}}$ $\psi_{cpN2} = 1,5 \cdot \frac{h_{ef}}{C_{3c}}$ $\psi_{cpN} = \text{Max} (\psi_{cpN1} ; \psi_{cpN2})$ $N_o = K_c \cdot \sqrt{20,68} \cdot h_{ef}^{1,5}$ <p>datos:</p> <p>$K_{cp} = 2$</p> <p>$A_{No} = 300 \cdot 300$</p> <p>$h_{ef} = 83$ dado por el fabricante</p> <p>$e_n = 0$</p> <p>$C_{amin} = 115$</p> <p>$C_{3c} = 143$ dado por el fabricante</p> <p>$K_c = 7$</p> <p>$\phi_{cp} = 0,75$</p>
---	--	--

Fuente: Los autores

Figura 29. Resultados análisis a corte método diseño por resistencias

EES Solution				
Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]				
$A_{Nc} = 90000$ [mm ²]	$A_{Nco} = 62001$ [mm ²]	$A_{Se} = 71$ [mm ²]	$A_v = 67500$ [mm ²]	$A_{vo} = 101250$ [mm ²]
$C_{a1} = 150$ [mm]	$C_{a2} = 115$ [mm]	$C_{ac} = 143$ [mm]	$C_{amin} = 115$ [mm]	$d_o = 13$ [mm]
$e_n = 0$ [mm]	$e_v = 0$ [mm]	$f_c = 20,68$ [MPa]	$f_{uta} = 731$ [MPa]	$h_{ef} = 83$ [mm]
$K_c = 7$	$K_{cp} = 2$	$l_e = 26$ [mm]	$n = 2$	$N_b = 24071$ [N]
$N_{cbg} = 41614$ [N]	$\phi V_{cb} = 144679$ [N]	$\phi V_{cp} = 62421$ [N]	$\phi V_s = 46711$ [N]	$\phi_{cb} = 0,75$
$\phi_{cp} = 0,75$	$\phi_s = 0,75$	$\psi_{cN} = 1,4$	$\psi_{cpN} = 0,8706$	$\psi_{cpN1} = 0,8042$
$\psi_{cpN2} = 0,8706$	$\psi_{cv} = 1,4$	$\psi_{ecN} = 1$	$\psi_{ecv} = 1$	$\psi_{edN} = 0,9771$
$\psi_{edv} = 0,8533$	$V_b = 242208$ [N]	$V_{cbg} = 192905$ [N]	$V_{cpg} = 83228$ [N]	$V_s = 62281$ [N]

Fuente: Los autores

Para resumir tenemos que la carga solicitada es menor que la capacidad o resistencia para este tipo de anclaje de fijación e instalación, tal como se ve en siguiente tabla.

Tabla 6. Comparación carga-capacidad método diseño por resistencias

	Resistencias	Resistencia mínima	Carga solicitada
Tracción	$\Phi N_{sa} = 77.8$ [KN]	$\Phi N_n = 27$ [KN]	$N_{ua} = 22.25$ [KN]
	$\Phi N_{on} = 41.4$ [KN]		
	$\Phi N_{cb} = 27$ [KN]		
Corte	$\Phi V_s = 46.7$ [KN]	$\Phi V_n = 46.7$ [KN]	$V_{ua} = 22.25$ [KN]
	$\Phi V_{cb} = 144$ [KN]		
	$\Phi V_{cp} = 62.4$ [KN]		

Fuente: Los autores

4.3 GALVANIZADO

Galvanizado es el proceso por el cual la superficie de un metal es recubierta por otro, con la finalidad de protegerla, siendo el caso más común el recubrir hierro o acero con una capa de zinc con el fin de protegerlos contra la oxidación producto de la exposición al aire.

Existen varios procesos de galvanizados dentro de estos encontramos los siguientes: como lo es el galvanizado en caliente, el galvanizado en frío y el galvanizado electrolítico.

4.3.1 Galvanizado en caliente

Este proceso se basa en el recubrimiento del acero por inmersión en un baño de zinc fundido a una temperatura de 450° C. este tipo de galvanizado genera una mayor vida útil, además de garantizar el recubrimiento de toda la pieza.

4.3.2 Galvanizado en frío

Este proceso consiste en aplicar una capa de zinc sobre el acero mediante pistola, aerosol, brocha o rodillo. Dentro de las aplicaciones más usuales que encontramos para este tipo de galvanizado están la reparación de superficies previamente galvanizadas en caliente y gastadas por el tiempo o dañadas por soldadura, corte o cizallamiento, además la protección de los cordones de soldaduras.

4.3.3 Galvanizado electrolítico

Este proceso consiste en aplicar una fina capa de zinc a piezas de acero previamente preparadas, haciendo uso de la electrolisis.

Este proceso es usado más comúnmente para proteger piezas pequeñas que requieran un acabado más uniforme que el proporcionado por el galvanizado en caliente, ya que por medio de este proceso electrolítico se pueden lograr capas entre 10 y 30 micras.

4.3.3.1 Ventajas sobre otros procesos de galvanizado:

- Debido a la adhesión electrolítica de la capa de zinc a la pieza, esta se puede doblar, plegar y modificar sin pérdida alguna de la capa protectora.
- Este proceso no deforma los materiales ya que se hace a temperatura ambiente.
- Es mucho más económico que otros procesos de recubrimiento, además de ofrecer una gran calidad en el acabado ya que no deja rebabas ni impurezas.
- El espesor de la capa protectora de zinc suele ser de 10 micras y no superior a las 30 micras, consiguiendo que no se aumente el volumen de la pieza. En algunos casos esto se hace imprescindible.

4.3.3.2 Preparación de la pieza para el recubrimiento:

- **Tratamientos mecánicos:** en esta etapa se busca eliminar una fina capa de la superficie del material de la pieza por medio de procesos como cepillado, pulido o rectificado con el fin de eliminar aspereas y defectos superficiales
- **Desengrasado:** producto del paso anterior se pueden dejar residuos indeseables de grasa en la superficie de la pieza, estas se eliminan por medio de disolventes adecuados.
- **Selección de aéreas a recubrir:** en este paso se procese a aislar las áreas que no deseamos someter al proceso de galvanizado. Estas áreas se recubren con material aislante como el celuloide o con varias capas de laca resistente al electrolito que se utilizara.
- **Decapado:** este último paso está destinado a eliminar totalmente las capas de oxido que puedan estar presentes en la superficie de las piezas. Esto se puede realizar en el mismo baño electrolítico, invirtiendo por pocos segundos (30 a 50 segundos) la polaridad de de la corriente con el fin de generar un leve desgaste en la superficie de la pieza eliminando así el oxido sobre esta.

4.3.3.3 Elementos principales del proceso electrolítico:

Como elementos principales en el proceso electrolítico tenemos:

- Cubas: estas son los recipientes que contienen los electrolitos, estas deben a su vez deben ser inertes al electrolito que se va a utilizar , debe poseer filtros, bombas, tuberías y otros accesorios.
- Ánodos: se utilizan ánodos laminados con espesores mínimos de 3 mm y con una superficie anódica no menor a las de las piezas a galvanizar. Estos ánodos deben ser de alta pureza (99.99% Zn), y estar libres de plomo y hierro.
- Electrolitos: es una sustancia que posee iones libres los cuales sirven como medio conductor. Las sustancias más comunes para utilizar como electrolito en el baño son las siguientes:

Sulfato de cinc.....	250-400 gr./l
Sulfato de sodio o de magnesio.....	30-75 gr./l
Sulfato de cloruro de aluminio.....	30-70 gr./l
Ácido bórico.....	10-45 gr./l

4.3.3.4 Otras consideraciones:

- Se debe controlar el tiempo de inmersión de la pieza.
- La temperatura del baño de cinc debe estar entre los 440 °C y 465 °C. de estar por fuera de estos límites se pueden generar revestimientos muy gruesos en el caso de tener una temperatura menor a este rango o muy delgados cuando la temperatura está por encima.
- En el caso de obtener piezas con superficies con poca adherencia se puede deber a un desengrase defectuoso, es por esto que es importante una excelente preparación de la pieza antes de proceder al baño electrolítico.
- Se deben tener en cuenta otros factores importantes en el proceso de galvanizado como lo es la temperatura a del baño y la densidad de la corriente eléctrica así como la adecuada ubicación de la pieza a recubrir.

Con el fin de cumplir con el requisito de protección contra la corrosión, se decide aplica un galvanizado electrolítico al conector de anclaje fijo. Se opta por este tipo de galvanizado por las ventajas ya expresadas y a demás por ser el método más comercial y de mayor acceso en nuestra ciudad.

5. VERIFICADOR CONECTOR DE ANCLAJES

5.1 FUNCIÓN DE LA CALIDAD (QFD) APLICADA AL DISEÑO DEL VERIFICADOR

5.1.1 Requerimientos del consumidor

La Universidad Industrial de Santander a través de la división de planta física, como responsable de la instalación de los conectores de anclajes para trabajo seguro en alturas manifestó sus necesidades para la construcción del verificador; los siguientes criterios de diseño son el resultado de la síntesis de estas necesidades.

- Resistente a cargas altas.
- Fácil de transportar.
- Pequeño en tamaño.
- Bajo costo.
- Fácil manejo.
- Poco peso.
- Fácil mantenimiento.
- Que posea pocas piezas.
- Larga vida de sus partes.
- Mantenimiento mínimo.
- Apariencia agradable.
- Uso de piezas estándar.
- Seguro.
- Altamente tecnológica.

5.1.2 Criterios de diseño

A continuación se plantean según los ingenieros, los criterios de diseño para el dispositivo verificador.

- Resistencia mecánica.
- Rigidez mecánica.
- Resistencia a la corrosión.
- Construcción sencilla.
- Bajo norma.
- Fácil operación.
- Adquirir con proveedores confiables.
- Mínimo tamaño.
- Instalación sencilla.
- Materiales confiables.
- Medición con instrumentos digitales.
- Mínimo costo.

Tabla 7. Matriz calidad para el verificador

QFD	Prioridad	resistencia mecanica		rigidez mecanica		resistencia a la corrosion		construccion sencilla		bajo norma		facil operacion		proveedores confiables		minimo tamaño		instalacion sencilla		materiales confiables		instrumentos digitales		minimo costo	
		9	126	9	126	1	14	0	0	9	126	0	0	3	42	1	14	0	0	9	126	0	0	0	3
resistente a altas cargas	14	9	126	9	126	1	14	0	0	9	126	0	0	3	42	1	14	0	0	9	126	0	0	3	42
facil de transportar	13	0	0	0	0	0	0	9	117	1	13	1	13	0	0	9	117	1	13	0	0	0	0	1	13
pequeño tamaño	12	1	12	1	12	0	0	3	36	1	12	3	36	0	0	9	108	3	36	0	0	0	0	3	36
barato	11	1	11	1	11	3	33	3	33	0	0	1	11	3	33	1	11	0	0	1	11	3	33	9	99
facil manejo	10	0	0	0	0	0	0	3	30	0	0	9	90	0	0	3	30	3	30	0	0	9	90	0	0
poco peso	9	3	27	3	27	0	0	3	27	1	9	0	0	0	0	9	81	3	27	0	0	0	0	1	9
facil mantenimiento	8	0	0	0	0	9	72	9	72	0	0	0	0	3	24	1	8	1	8	0	0	1	8	3	24
que posea pocas piezas	7	1	7	1	7	1	7	9	63	0	0	3	21	0	0	3	21	3	21	0	0	0	0	3	21
larga vida de sus partes	6	3	18	3	18	9	54	1	6	1	6	0	0	3	18	0	0	0	3	18	9	54	3	18	
mantenimiento minimo	5	0	0	0	0	3	15	3	15	1	5	0	0	1	5	1	5	1	5	9	45	9	45	3	15
apariencia agradable	4	0	0	0	0	1	4	3	12	0	0	1	4	0	0	1	4	0	0	0	0	3	12	0	0
uso de piezas estandar	3	0	0	0	0	0	0	9	27	3	9	3	9	3	9	0	0	3	9	0	0	1	3	9	
seguro	2	9	18	3	6	3	6	1	2	9	18	1	2	3	6	0	0	0	3	6	3	6	1	2	
altamente tecnologico	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	9	9	3	3
TOTAL		219	207	205	440	198	187	138	399	149	207	260	291												

Fuente: Los autores

5.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

A Continuación se presentan las posibles alternativas para el dispositivo que permite la verificación de la instalación de los anclajes diseñados en cumplimiento de la normativa nacional. Para facilitar esta labor, se decide dividir el dispositivo en tres partes que son:

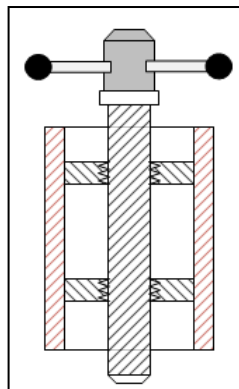
- El mecanismo de tensión o carga.
- El elemento de sujeción.
- El sensor de carga.

5.2.1 Mecanismo de tensión

5.2.1.1 Alternativa A

El mecanismo planteado consta de un simple tornillo solidario con palancas acopladas al mismo, el cual se hace girar por acción manual. El tornillo esta acoplado dentro de un cilindro y su rosca se desliza sobre 2 tuercas solidarias al cilindro. La gran ventaja de este mecanismo es la sencillez de su diseño, debido al poco número de piezas necesarias para su construcción.

Figura 30. Tornillo de potencia

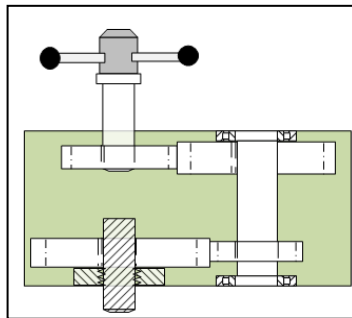


Fuente: Los autores

5.2.1.2 Alternativa B

Esta alternativa es similar a la anterior, solo que en esta se asume que en caso de que un solo tornillo no sea suficiente, o que se requiera mucha fuerza por parte del operario para mover el tornillo, se adjuntaría una pequeña transmisión, para así cumplir con los requerimientos de carga.

Figura 31. Tornillo con transmisión

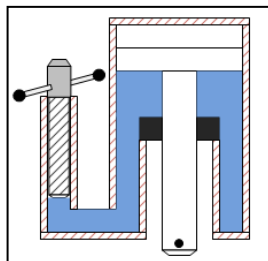


Fuente: los autores

5.2.1.3 Alternativa C

La alternativa C es aplicar gran fuerza de forma manual con un mecanismo adicional a la alternativa B. Esta consta de un tornillo accionado por el giro de una palanca, a medida que el tornillo gira, desciende desplazando el fluido hacia el embolo de área mayor, el cual se desplaza hacia arriba, subiendo y aplicando una carga de tensión sobre el anclaje.

Figura 32. Tornillo hidráulico



Fuente: Los autores

5.2.1.4 Alternativa D

Se basa en acoplar un gato hidráulico como mecanismo de tensión. El gato es una máquina empleada para la elevación de cargas mediante el accionamiento manual de una manivela o una palanca. Se diferencian dos tipos, según su principio de funcionamiento: gatos mecánicos y gatos hidráulicos. Se plantea usar el tipo hidráulico cuyo funcionamiento se basa en la utilización de un fluido incompresible el cual es bombeado a un cilindro y así poder obtener la ventaja mecánica necesaria para que se pueda usar de forma manual, con relativa facilidad por el encargado de hacer la prueba.

Figura 33. Gato hidráulico



Fuente: <http://salutip.blogspot.com/2010/01/quien-invento-el-gato-hidraulico.html>

Una de las ventajas que ofrece el uso de este mecanismo es que son máquinas ampliamente fabricadas y distribuidas en el mercado nacional a un costo relativamente bajo si se compara con otro sistema dado su amplia difusión. Además ocupan poco tamaño y bajo peso en relación con la capacidad de carga que manejan.

5.2.1.5 Alternativa E

Esta alternativa consta en la utilización de un mecanismo de polispasto, el cual es un mecanismo utilizado para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica, consta de dos o más poleas incorporadas para distribuir la carga a

elevar. Suelen funcionar acoplados con un mecanismo de trinquete, con el fin de evitar el retroceso de la carga al suspender la aplicación de la fuerza.

A pesar de tener ventajas como la su facilidad de usar y su gran disponibilidad en el mercado, presenta una gran desventaja que es su gran tamaño.

Figura 34. Polipasto diferencial



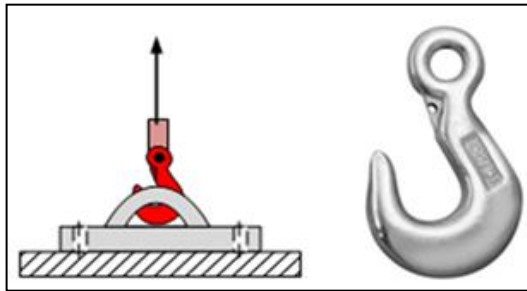
Fuente: <http://colombia.lapapa.com.co/cva.html>

5.2.2 Mecanismo de sujeción

5.2.2.1 Alternativa A

Esta consiste en utilizar un gancho de carga estándar para sujetar y halar del anclaje. Este tipo de sujeción es ventajoso, en la medida en que permite sujetar el anclaje de forma más sencilla y flexible para aplicar la carga axial como para aplicar una carga cortante.

Figura 35. Gancho



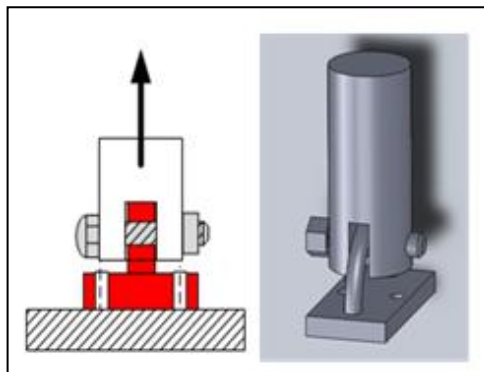
Fuente: Los autores

5.2.2.2 Alternativa B

Este consta de utilizar una forma de agarre menos flexible. Para esto se fabricaría la parte final del eje que tira de tal forma que se pueda sujetar al anclaje por medio de un pasador asegurado con una tuerca.

La desventaja de este tipo de sujeción es que solo permite aplicar carga en un solo sentido, si deseo cambiar el sentido de la carga requeriría un accesorio o mecanismo que me ayude a hacerlo ya que solo con la sujeción de pasador no es posible.

Figura 36. Pasador



Fuente: Los autores

5.2.3 Sensor de carga

5.2.3.1 Alternativa A

Celda de carga, este tipo de transductor de fuerza es el más utilizado en la industria. Consta de un elemento elástico al cual se le adhieren varias galgas eléctricas. De la geometría y el módulo de elasticidad del elemento depende el rango de deformación producido por la acción de la fuerza, y es así que podemos encontrar celdas de carga con capacidades que van desde 5 [N] a 50 [MN].

Figura 37. Celdas de carga



Fuente: <http://www.automatizando.com.co/tension%20y%20fuerza.htm>

5.2.3.2 Alternativa B

Esta alternativa se basa en utilizar una celda de carga tipo hidráulica, su funcionamiento radica en un cambio de presión de un fluido (generalmente aceite), debido a la aplicación de una fuerza, esta presión es leída por un transductor y exhibida en un dial. Las capacidades de estas celdas de carga varían en un rango que va desde los 500 [N] a los 200 [KN].

Figura 38. Sensores de carga hidráulicos



Fuente: Los autores

5.3 EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES DE DISEÑO

Para seleccionar la alternativa más adecuada se aplica una ponderación para evaluar cada una de estas. A continuación se presenta un cuadro donde se puede observar la evaluación de las alternativas de cada componente del mecanismo verificador.

Tabla 8. Evaluación de alternativas del mecanismo verificador

			Mecanismo de Tension									
			Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C		Alternativa D		Alternativa E	
critérios de evaluación	ponderacion	nota	pond.	nota	pond.	nota	pond.	nota	pond.	nota	pond.	
Construcción sencilla	0,273	4	1,0938	2	0,5469	2	0,5469	4	1,0938	2	0,5469	
Mínimo tamaño	0,248	5	1,2399	3	0,7439	3	0,7439	4	0,9919	1	0,248	
Mínimo costo	0,181	3	0,5426	2	0,3617	2	0,3617	4	0,7234	2	0,3617	
Instrumentos digitales	0,162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistencia mecánica	0,136	3	0,4083	4	0,5444	4	0,5444	4	0,5444	3	0,4083	
total		3,285		2,197		2,197		3,354		1,565		

			Mecanismo de sujecion				Sensor de carga				
			Alternativa A		Alternativa B		Alternativa A		Alternativa B		
critérios de evaluación	ponderacion	nota	pond.	nota	pond.	critérios de evaluación	ponderacion	nota	pond.	nota	pond.
Construcción sencilla	0,273	4	1,0938	3	0,8204	Construcción sencilla	0,273	3	0,8204	3	0,8204
Mínimo tamaño	0,248	3	0,7439	4	0,9919	Mínimo tamaño	0,248	3	0,7439	4	0,9919
Mínimo costo	0,181	4	0,7234	4	0,7234	Mínimo costo	0,181	3	0,5426	4	0,7234
Instrumentos digitales	0,162	0	0	0	0	Instrumentos digitales	0,162	5	0,808	4	0,6464
Resistencia mecánica	0,136	3	0,4083	3	0,4083	Resistencia mecánica	0,136	4	0,5444	3	0,4083
total		2,970		2,944		total		3,4593		3,5904	

notas	1	Deficiente
	5	Optimo

Fuente: los autores

5.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

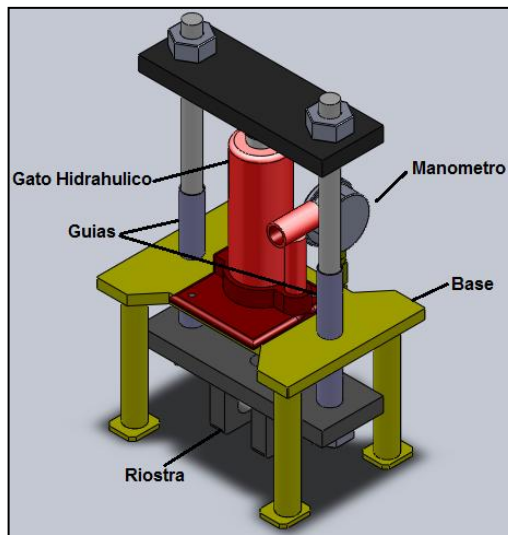
Teniendo en cuenta la evaluación de alternativas presentada anteriormente, se puede ver que para el mecanismo de tensión la mejor alternativa es la utilización de un gato hidráulico, el cual se adaptara, incorporándole una estructura que permita de algún modo ejercer una fuerza de tensión al conector de anclaje que se desee probar.

Como mecanismo de sujeción se buscara incorporar un pasador que sea capaz de soportar las 5000 libras de fuerza que se requieren para efectuar la prueba, y de esta forma se hace más fácil la compatibilidad con el conector de anclaje.

Por último se decidió adaptar un manómetro el cual me registrara la presión del fluido a una fuerza determinada. Inicialmente se planteo instrumentar el

mecanismo con un display el cual muestre la carga obtenida al ingresar la presión censada, pero dada la demora, adición de piezas y posibles errores, se concluye que es más viable suministrar un diagrama con la curva de fuerza de la maquina en función de la presión y así obtener una lectura más clara de la carga aplicada al conector de anclaje.

Figura 39. Esquema del mecanismo verificador propuesto



Fuente: los autores

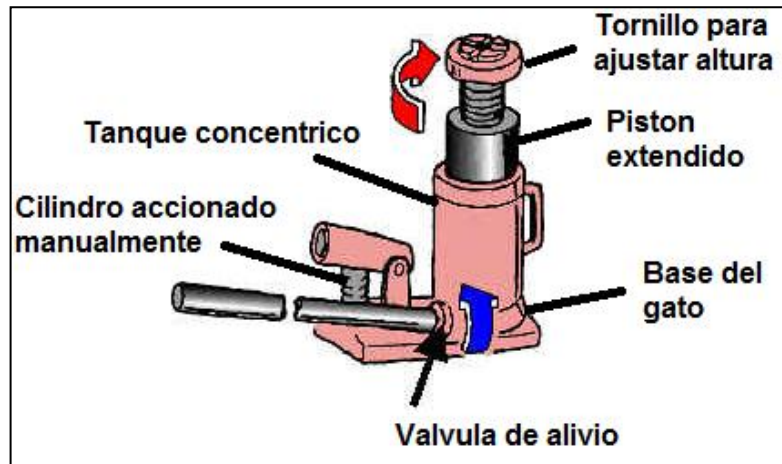
5.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL VERIFICADOR

5.5.1 Selección del gato hidráulico

Para seleccionar el gato se hizo necesario definir la carga nominal del mismo, ya que la fuerza máxima que debe ejercer sobre un anclaje es de 5000 libras, 22.2 kilonewtons o 2272 kilogramos. Dado que el mercado la oferta de gatos se hace por tonelada, indicando la capacidad máxima del equipo y advirtiendo que bajo

ninguna circunstancia se debe sobrepasar este valor, el mínimo de capacidad del gato debe ser de 3 toneladas.

Figura 40. Esquema del uso de un gato hidráulico de botella



Fuente: <http://arreglalu.wikispaces.com/C%C3%B3mo+cambiar+una+rueda>

Se opta por escoger un gato hidráulico de botella de la marca comercial KTC ya que es un proveedor confiable, con una amplia red de distribución y con precios bastante asequibles comparativamente. A continuación se presentan los datos característicos del producto seleccionado.

Referencia: 418-04

Capacidad: 4 [Ton]

Mínima altura sin desplegar: 180 [mm]

Máxima altura desplegado: 340 [mm]

Peso: 3.4 [kg]

Figura 41. Gato hidráulico seleccionado



Fuente: <http://www.ktcep.com/index.php/products/tools/hydraulicjack/bottle>

Después de realizar un desarme del elemento con el fin de entender su funcionamiento se encontró que la cámara de presión que hace desplazar el pistón del gato se encuentra mecanizada en la base del gato y se conecta con el pistón accionado manualmente por medio de un pequeño conducto; lo que no deja espacio para taladrar un agujero para el censado de la presión. Se evaluó la posibilidad de taladrar la base lateralmente, pero se halló que la conexión roscada que conecta el cilindro hidráulico con la cámara de presión en la base del gato corría el riesgo de ser dañada, afectando la estanqueidad del cilindro, por lo que se decidió hacer el agujero para el censado en la parte inferior de la base del gato, tomando precauciones para no afectar los conductos que conectan los cilindros a presión ni los que permiten el regreso del aceite al tanque por medio de la válvula de alivio del equipo hacia el tanque del gato ubicado en un cilindro concéntrico al cilindro de presión.

Figura 42. Desarme del gato hidráulico de botella



Fuente: Los autores

Figura 43. Base taladrada del gato hidráulico de botella



Fuente: los autores

Después del análisis y selección de la posición del agujero para el cesado de presión se procede taladrar el agujero teniendo en cuenta la compatibilidad con los accesorios hidráulicos disponibles, los cuales se espera que sean alrededor de $\frac{1}{4}$ de pulgada.

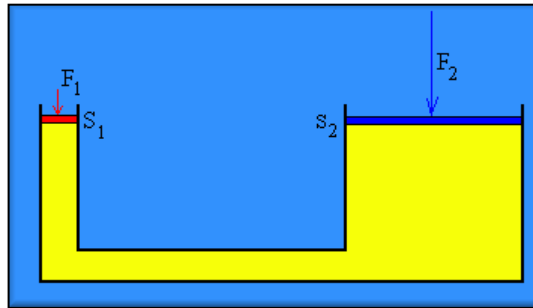
Dado que inicialmente el gato hidráulico seleccionado permitía trabajar tanto vertical como horizontalmente, con las adecuaciones realizadas a su base se logro que el verificador pueda trabajar de la misma manera teniendo en cuenta que el tornillo de la válvula de alivio debe estar hacia abajo cuando se desee poner a trabajar de forma horizontal.

Como consecuencia de que la perforación para el censado de presión se realizó en la parte inferior de la base del gato, el mismo no podrá apoyarse sobre la parte en que se instale el accesorio, de modo que se debe dejar espacio en la estructura del verificador para que el accesorio salga sin que haya riesgo de ser aplastado por el peso de la carga del verificador cuando el mismo este en funcionamiento.

5.5.2 Selección del manómetro

Como se menciona anteriormente previo a la selección del manómetro se realizó un desarme del gato con el fin de seleccionar la posición del agujero para la toma de presión, proceso en el cual se midió el diámetro del pistón que levanta la carga el cual corresponde a 30 [mm] o 1.18 [in], con el fin de determinar la presión inducida por la carga que se esté efectuando, la cual corresponderá a la presión dentro de la cámara en la base del gato, en donde se tiene instalado el manómetro.

Figura 44. Esquema del principio de Pascal



Fuente: <http://www.acienciasgalilei.com/public/forobb/viewtopic.php?f=2&t=1076>

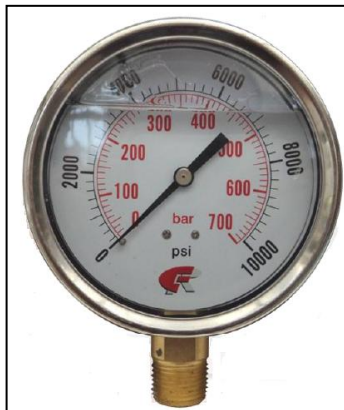
De acuerdo con la nomenclatura en la imagen anexa la presión en condiciones estáticas y en los instantes en que se bombea aceite a través del puerto de admisión del cilindro y a través de la válvula cheque del mismo, debe ser igual la fuerza F_1 sobre la superficie del cilindro S_1 y se espera que corresponda con la que maneja el cilindro del gato por la fuerza máxima que se pueda ejercer sobre la superficie del cilindro extensible S_2 . De lo anterior concluimos que la máxima presión a censar la podemos calcular con la carga nominal del gato sobre la superficie del pistón extensible ya que se conoce el diámetro del mismo.

$$S_{cilindro} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 1.18 \text{ in}^2}{4} = 1.0935 \text{ [in}^2\text{]}$$
$$P_{max} = \frac{F_{max}}{S_{cilindro}} = \frac{8800 \text{ lbf}}{1.0935 \text{ in}^2} = 8047.55 \left[\frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \right]$$

Dado que la presión máxima de trabajo en el gato hidráulico dada por su carga nominal será de alrededor de 8050 libras fuerza por pulgada cuadrada, este es el parámetro principal con el cual se selecciona el manómetro para el censado de presión.

Con base en el catalogo de CUFER importadores se escogió un manómetro de 10000 psi ya que era el valor más cercano por encima del valor de presión máxima, con conexión vertical ya que anteriormente se concluyo que habría que conectarlo por la base del gato, usando racores y otros accesorios para formar una u y de esta forma facilitar su lectura.

Figura 45. Manómetro seleccionado



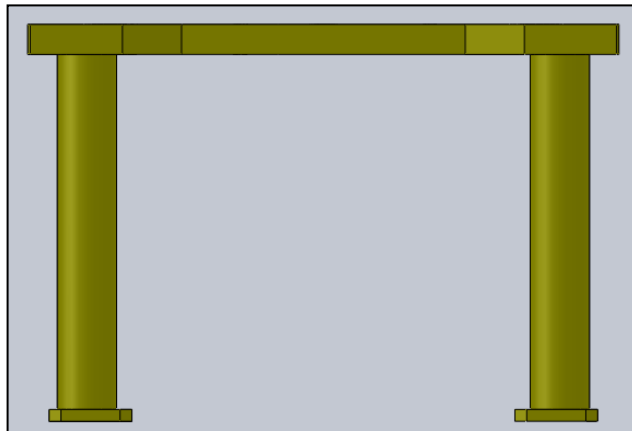
Fuente: <http://www.cuferimportadores.com>

Este manómetro es del tipo Bourdon y tiene escala de medida en psi y en bar, con conexión roscada vertical para racores de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Su caratula es de 2.5 pulgadas y está inundada en glicerina para atenuar vibraciones aunque no es necesario ya que de espera que trabaje en condiciones muy cercanas a la estática, a pesar de ello no fue posible conseguir uno seco de la misma referencia. Los accesorios para la conexión del manómetro fueron seleccionados del mismo catalogo del que se selecciono el manómetro; los cuales venían con presión nominal de 10000 psi o 700 bar, diámetro interno de $\frac{1}{4}$ de pulgada y rosca NPT.

5.5.3 Diseño de estructura

Para el diseño mostrado anteriormente se hace necesario el definir las dimensiones de la mesa que soportara el gato hidráulico, por lo que se realizó una investigación de las dimensiones, en la cual se encontró que comercialmente existen conectores de anclajes que instalados ocupan un espacio rectangular sobre el concreto de hasta de 12 x 8 cm; con lo que se definió que el espacio entre apoyos que debe existir para admitir el conector de anclaje de mayor tamaño encontrado, las columnas de apoyo de la mesa se separaron 16 centímetros longitudinalmente y 9 transversalmente con el fin de facilitar su ubicación. Se definió también una altura para la mesa de 15 centímetros con el fin de admitir conectores de anclaje de 6 cm de altura sobre el concreto y obtener así suficiente carrera para ajustar el pasador adecuado.

Figura 46. Mesa de soporte

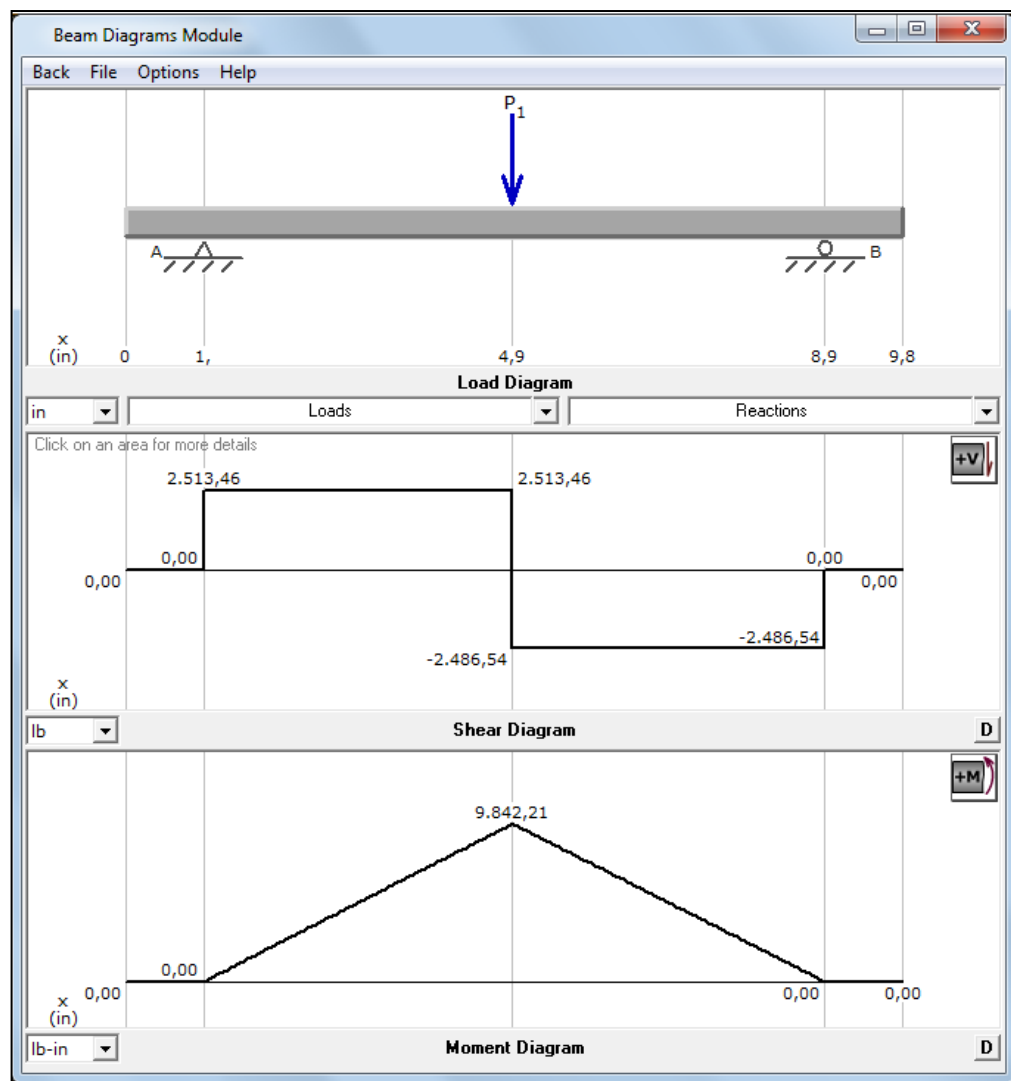


Fuente: los autores

Se planeo instalar el gato centrado en la mesa por lo que se realizaron los cálculos con la carga nominal a aplicar en el centro de la mesa con lo que se consigue la condición mas critica.

Con la ayuda del software MD Solids se hallaron los diagramas de fuerza cortante y momento flector para la mesa, con lo que se aprecia que la fuerza cortante permanece constante a través de la mesa en 2500 libras y momento máximo se encuentra en un valor de 9842 libras por pulgada, con estos valores se selecciono la placa de acero ASTM A36 de 12 centímetros de ancho y media pulgada de espesor con lo que se evaluaron los esfuerzos a través de esa sección.

Figura 47. Diagramas de carga para la mesa de soporte



Fuente: Los autores

Con la ayuda del software EES se hallaron los esfuerzos y el factor de seguridad para la sección transversal mínima de la mesa para soportar la carga requerida tomando en cuenta los agujeros perforados para sujetar el gato y la salida del acople del manómetro; dado que dicha mesa trabaja a flexión únicamente se calcularon las propiedades geométricas para una placa de A36 de 5/8 de pulgada de espesor y 5 pulgadas de ancho.

$$h = 0,625 \text{ [in]}$$

$$b = 5 \text{ [in]}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Con lo que se hallan los esfuerzos para la sección crítica

$$C = \frac{h}{2}$$

$$\sigma_{\text{flex}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot C}{I}$$

$$S_y = 36000 \text{ [psi]}$$

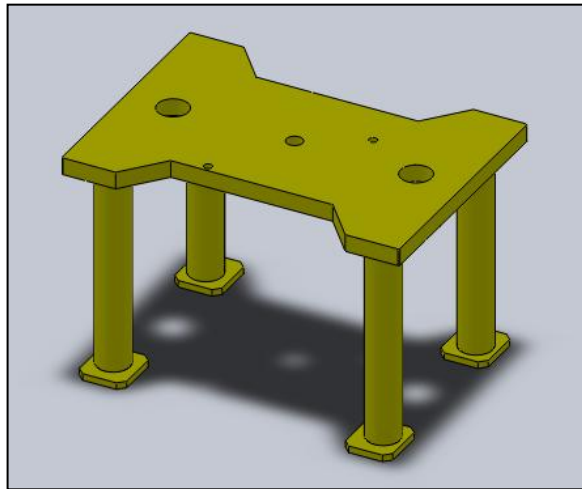
$$N_{\text{mesa}} = \frac{S_y}{\sigma_{\text{flex}}}$$

Obteniendo como resultado

$$\sigma_{\text{flex}} = 30235 \text{ [psi]}$$

$$N_{\text{mesa}} = 1,191$$

Figura 48. Modelo CAD de la mesa de soporte



Fuente: los autores

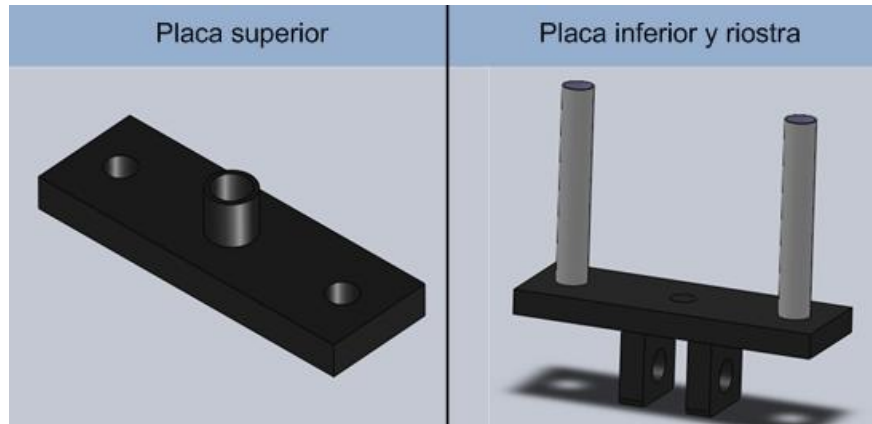
Para las placas superior e inferior se realizó el mismo procedimiento, para estas que conectan el gato con las barras a tensión y al anclaje cuyas dimensiones son de 3,15 pulgadas de ancho y $\frac{3}{4}$ de pulgada de espesor con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\sigma_{flex} = 33328 \text{ [psi]}$$

$$N_{placas} = 1,08$$

Lo cual refleja un comportamiento aceptable ya que la condición de deformación permanente nunca se alcanzara ya que los esfuerzos son menores que el límite elástico del acero, en especial para el bajo número de ciclos que experimentara el verificador a lo largo de su vida útil. Dado que las riostras tienen una resistencia a tensión que soporta ampliamente la carga no fue necesario el cálculo de la resistencia de la soldadura ya que la misma tiene un esfuerzo de fluencia mayor que la del acero.

Figura 49. Modelo CAD de las placas superior e inferior del verificador



Fuente: los autores

Las columnas de la mesa fueron diseñadas por medio de la evaluación de su estabilidad elástica, con el fin de evitar el pandeo de las mismas.

Con base en el catalogo de tubos y perfiles Steckerl se selecciono un tubo de acero al carbono de 1/2 pulgada de diámetro nominal cuyas propiedades de muestran en la siguiente tabla

Tabla 9. Tablas de selección de tubería

CARACTERISTICAS Y DENOMINACION						PROPIEDADES ESTATICAS					
DIAMETRO			Espesor pared e mm	Peso P Kg/m	Area A cm ²	FLEXIÓN			Módulo plástico Z cm ³	TORSIÓN	
Nominal pulgadas	Exterior d cm	Interior d int. cm				Momento inercia I cm ⁴	Módulo sección S cm ³	Radio de giro r cm		Momento inercia J cm ⁴	Módulo elástico B cm ³
1/2"	2.05	1.75	1.50	0.70	0.89	0.40	0.40	0.67	0.54	0.81	0.79

Fuente: <http://alfredosteckerl.com/catalogo/>

Se hallo la relación de esbeltez con el fin de identificar el tipo de columna y por lo tanto el análisis a realizar.

$$I = 15 \text{ [cm]}$$

$$i = 0,4 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$A = 0,89 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$E = 2,1 \times 10^8 \text{ [kpa]}$$

$$S_y = 322000 \text{ [kpa]}$$

$$k = \sqrt{\frac{i}{A}}$$

$$S_r = \frac{I}{k}$$

$$S_{r,\text{critico}} = \pi \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{E}{S_y}}$$

Se obtiene que la esbeltez de la columna. La cual es mayor que 10 por lo que no se puede evaluar como columna corta y es menor que la relación crítica con lo cual según Johnson no se puede tratar con el método de Euler.

$$S_{r,\text{critico}} = 113,5$$

$$S_r = 22,37$$

Se calcula la carga máxima que puede admitir la columna según la ecuación experimental de Johnson y usamos el factor de seguridad con el fin de evaluar la carga si solo estuviera apoyado sobre dos columnas para suponer una condición de operación crítica.

$$A_{\text{metros}} = 0,000148 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\frac{P_{\text{cr}}}{A_{\text{metros}}} = S_y - \frac{1}{E} \cdot \left[\frac{S_y \cdot S_r}{2 \cdot \pi} \right]^2$$

$$P_{\text{real}} = 11,1 \text{ [KN]}$$

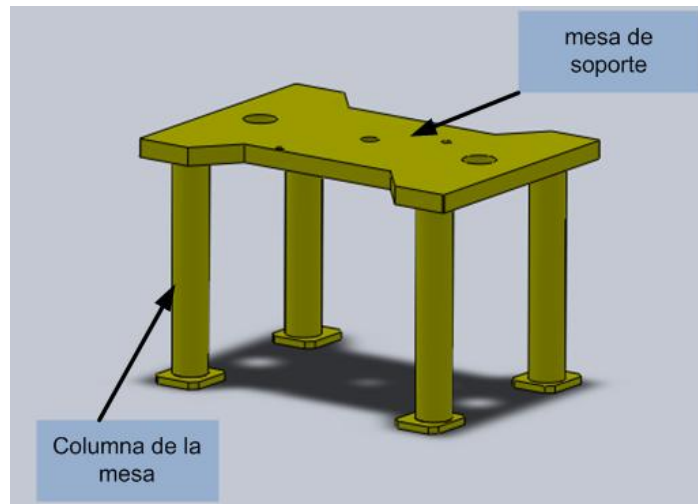
$$N_{\text{columnas}} = \frac{P_{\text{cr}}}{P_{\text{real}}}$$

$$P_{\text{cr}} = 46,73 \text{ [KN]}$$

$$N_{\text{columnas}} = 4,21$$

Los resultados obtenidos fueron bastante satisfactorios ya que el tubo de menor tamaño del catalogo soporta ampliamente el esfuerzo requerimiento.

Figura 50. Columnas de la mesa de soporte



Fuente: los autores

La selección de la varilla se realizo con base en el catalogo de la empresa **ancla**, esperando admitir la mitad de la carga nominal correspondiente a 2500 libras a tensión sobre la barra. Se selecciono una varilla roscada de ¾ de pulgada la cual está certificada para la carga solicitada la selección hecha se muestra en la siguiente imagen.

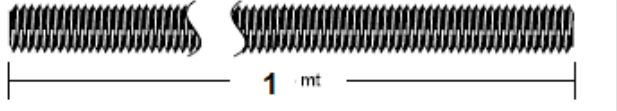
Tabla 10. Tablas de selección de varilla

Tamaño Nominal	Cuenta UNC		Peso x Metro	Carga Posible	Tramos de 1 metro		
	Diámetro	Hilo x pulg.			Clave Pedido	Piezas x Atado	Peso x Atado
16 mm	5/8"	11	1.25 kg	820 kg	BR 58 100	15	18.84 kg
19 mm	3/4"	10	1.85 kg	1225 kg	BR 34 100	10	18.58 kg

Fuente: Los autores

Figura 51. Varilla roscada galvanizada.

Varilla roscada Galvanizada			
Diámetro Nominal mm	Cuerda	1 Mts.	Catálogo 1..2 Mts.
19	3/4"	BR34100	



The diagram shows a section of a galvanized threaded rod with a nominal diameter of 19 mm and a thread pitch of 3/4 inch. A scale bar below the rod indicates a length of 1 meter.

Fuente: <http://www.anclo.com.mx/>

5.5.4 Calibración del verificador

Con el fin de tener certeza de las mediciones tomadas del verificador por parte del instrumento hidráulico y conocer posibles interferencias en las mismas debido a fricciones mecánicas que se puedan dar en el equipo, se decidió realizar pruebas en la máquina de ensayos INSTRON MTS 810 Material Test System del laboratorio de resistencia de materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil. Utilizando el dinamómetro de dicha maquina se pudo obtener una medida de la fuerza aplicada respecto a la presión leída en el manómetro.

Figura 52. Montaje del verificador en el ensayo



Fuente: Los autores

Durante el ensayo de calibración se dejaron estáticas las mordazas del equipo de ensayos y se monto el verificador entre dichas mordazas, con el fin de generar presión en las cámaras del gato manualmente, como se realiza en la práctica, registrando las mediciones del manómetro en la escala de libras por pulgada cuadrada ya que es la escala que permite mayor sensibilidad del equipo y registrando los datos arrojados en la pantalla del equipo INSTRON.

Los datos obtenidos fueron llevados a una tabla con el fin de generar una ecuación y posteriormente un diagrama fuerza vs presión para así obtener una medida de la fuerza aplicada por el verificador basados en la lectura del manómetro.

Figura 53. Montaje del verificador en el ensayo lateral



Fuente: los autores

Figura 54. Prueba de calibración del verificador



Fuente: Los autores

Tabla 11. Datos obtenidos en la máquina de ensayos INSTRON

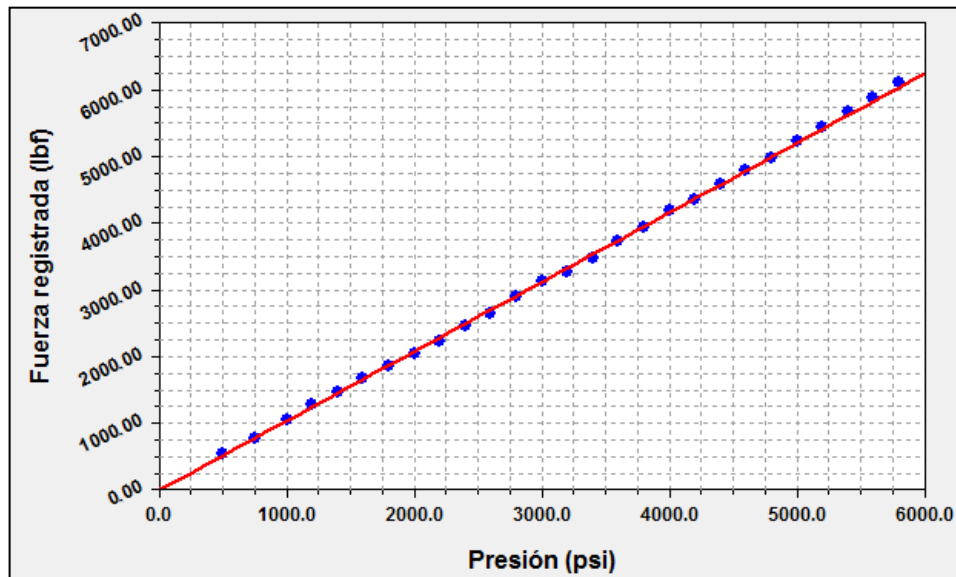
Presión [psi]	Fuerza registrada [lbf]
500	535,8
750	772,5
1000	1045
1200	1278,2
1400	1474
1600	1672
1800	1863,4
2000	2052
2200	2233
2400	2464
2600	2651
2800	2899,6
3000	3124
3200	3262,6
3400	3473
3600	3740
3800	3949
4000	4202
4200	4356
4400	4576
4600	4796
4800	4972
5000	5225
5200	5434
5400	5676
5600	5874
5800	6105
6000	6380

Fuente: Los autores

Con ayuda del software CurveExpert se grafican los datos de la Tabla 11, los cuales se pueden observar en la siguiente figura. En esta se observa el comportamiento lineal ya esperado entre la fuerza y la presión, a demás este software genera la ecuación de la curva que mejor se adapta al comportamiento de la grafica, en nuestro caso la ecuación es la siguiente:

$$F = 1.0441 * P$$

Figura 55. Curva de fuerza real del verificador



Fuente: Los autores

Con base en los datos anteriores se realiza una comparación entre la fuerza real registrada en el ensayo en la maquina INSTRON y la fuerza teórica calculada con la ecuación descrita anteriormente.

Tabla 12. Comparación entre la fuerza real y la fuerza teórica

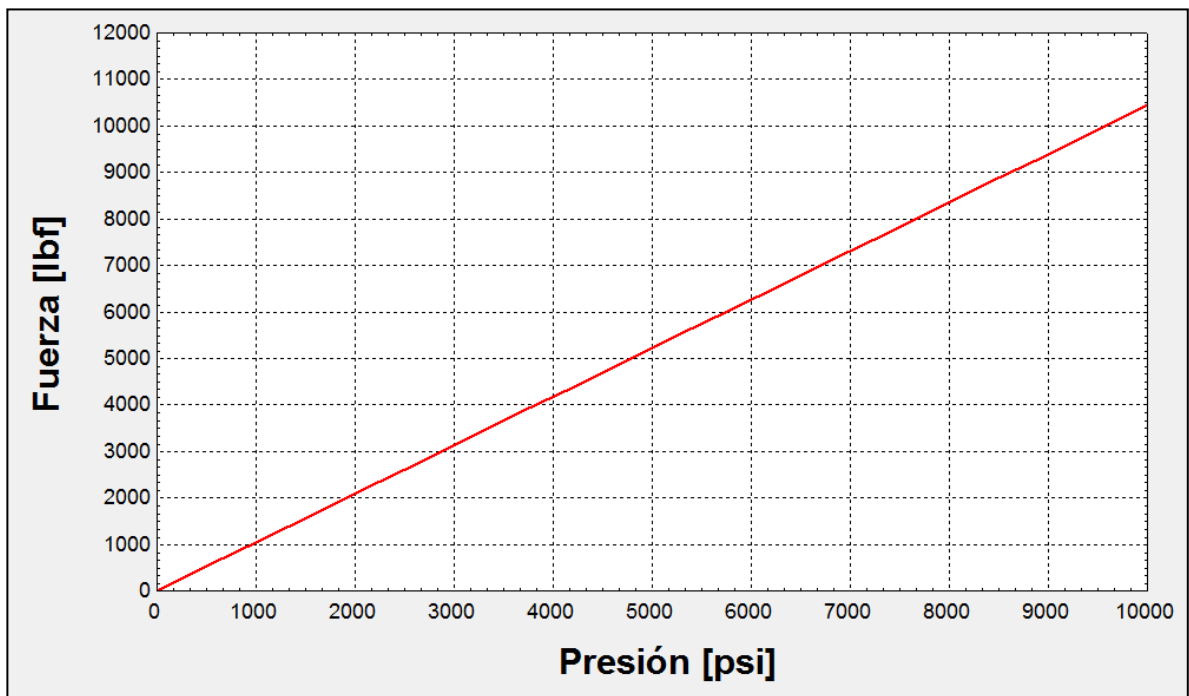
Presión [psi]	Fuerza registrada [lbf]	Fuerza teórica [lbf]	% Error
500	535,8	522,1	2,57
750	772,5	783,1	1,37
1000	1045	1044,1	0,09
1200	1278,2	1252,9	1,98
1400	1474	1461,7	0,83
1600	1672	1670,6	0,09
1800	1863,4	1879,4	0,86
2000	2052	2088,2	1,76
2200	2233	2297,0	2,87
2400	2464	2505,8	1,70
2800	2899,6	2714,7	2,40
3000	3124	2923,5	0,82
3200	3262,6	3132,3	0,27
3400	3473	3341,1	2,41
3600	3740	3549,9	2,22
3800	3949	3758,8	0,50
4000	4202	3967,6	0,47
4200	4356	4176,4	0,61
4400	4576	4385,2	0,67
4600	4796	4594,0	0,39
4800	4972	4802,9	0,14
5000	5225	5011,7	0,80
5200	5434	5220,5	0,09
5400	5676	5429,3	0,09
5600	5874	5638,1	0,67
5800	6105	5847,0	0,46
6000	6380	6055,8	0,81

Fuente: los autores

Como se observa en la anterior tabla, el porcentaje de error entre la fuerza real y la fuerza teórica no supera el 3%, con lo cual se verifica que la ecuación planteada como teórica sirve como referencia para determinar la fuerza aplicada por el verificador en función de la presión mostrada en el manómetro.

Con el fin de facilitarle al operario el determinar la fuerza aplicada, se anexa al verificador la grafica de la curva descrita por la ecuación teórica ya mencionada.

Figura 56. Diagrama Fuerza vs Presión anexa en el verificador



Fuente: Los autores

Con el fin de revisar la movilidad y funcionalidad de cada uno de los elementos del verificador y su conjunto, se decidió instalar en un bloque de concreto un conector de anclaje y aplicarle una carga de 5000 lb con ayuda del verificador, pudiendo comprobar así el buen funcionamiento de este.

Figura 57. Prueba de extracción del equipo verificador



Fuente: Los autores

Figura 58. Prueba de extracción del equipo verificador lateral



Fuente: Los autores

6. PRUEBAS

6.1 PRUEBAS DE CONECTOR DE ANCLAJE

Con el fin de evaluar el comportamiento del conector de anclaje bajo carga estática en las dos condiciones establecidas en análisis previos y verificar así el cumplimiento del requisito de resistencia establecido en la norma NTC 2037 para este tipo de elemento, se decide realizar unas pruebas en el laboratorio de resistencia de materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil más exactamente en la maquina universal de ensayos.

6.1.1 Prueba a tracción:

Para realizar la prueba a tracción se fija el conector de anclaje a las mordazas de la maquina por medio de una placa de acero de 5/8" y dos tornillos de 1/2" grado 5. Para aplicar la carga a tracción se usa dos placas de acero y un pasador como se observa en la figura.

Figura 59. Montaje conector de anclaje para pruebas a tracción.



Fuente: los autores

El número de ensayos realizados fueron 5 muestras de las cuales los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resultados conector prueba a tracción.

Conector de anclaje N°	Resistencia fluencia [Kg]	Resistencia rotura [Kg]
1	4000	10200
2	4100	10500
3	4000	10300
4	4200	10500
5	4300	10400

Fuente: los autores

Figura 60. Falla por rotura del conector de anclaje



Fuente: los autores

6.1.2 Prueba a corte:

Para realizar la prueba a corte se fija el conector de anclaje a la maquina por medio de dos placas de acero de 5/8" soldadas perpendicularmente y dos tornillos de 1/2" grado 5. Para aplicar la carga a corte se usa dos placas de acero y un pasador como se observa en la figura.

Figura 61. Montaje conector de anclaje para pruebas a corte.



Fuente: los autores

El número de ensayos realizados fueron 5 muestras de las cuales los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 14. Resultados conector prueba a corte.

Conector de anclaje N°	Resistencia fluencia [Kg]	Resistencia rotura [Kg]
1	7000	11100
2	7300	11000
3	7400	11200
4	7200	11000
5	7000	11100

Fuente: los autores

6.1.3 Análisis de los resultados de las pruebas

Al realizar un ligero análisis de los datos de resistencia de las pruebas tenemos:

Tabla 15. Valores medios de las resistencias de los conectores de anclaje.

Condición de carga	Valor medio de la Resistencia a la fluencia	Desviación estándar	Valor medio de la Resistencia ultima	Desviación estándar
Tracción	4120 [kg]	130 [kg]	10380 [kg]	130 [kg]
Corte	7180 [kg]	179 [kg]	11080 [kg]	84 [kg]

Fuente: los autores

Como se puede evidenciar en la anterior tabla, el conector de anclaje en las dos condiciones de carga evaluadas presenta una resistencia media mínima de 4120 [kg], la cual es mucho mayor que la exigida en las normas para este tipo de elemento la cual es de 2265 [kg] (5000 lb).

6.2 PRUEBA DE CORROSIÓN

Con la finalidad de cumplir con el requisito de corrosión establecido en la norma NTC 2037 la cual estipula que se debe pasar una prueba mínima de esparcimiento en sal por 48 horas cuando se realiza de acuerdo a la norma ASTM B117-90. La presencia de óxido rojo o cualquier otra señal de corrosión evidente mediante una inspección visual, se interpretará como falla de la prueba.

Como se estipuló anteriormente se debe realizar una prueba de corrosión acorde a la norma ASTM B117-90 la cual establece el procedimiento para el ensayo en cámara salina.

6.2.1 Requisitos de la norma ASTM B117-90

A continuación se presentan de manera general los requisitos básicos que establece la norma ASTM B117-90.

6.2.1.1 Equipos:

La cámara de niebla consta de la cámara de básica, un provisión de aire comprimido convenientemente acondicionado, un deposito de solución salina, boquillas atomizadoras, soportes de las muestras, provisiones para calentar la cámara y controles adecuados para mantener la temperatura deseada.

Figura 62. Ejemplo de cámara de niebla comercial



Fuente: www.ilusionideasweb.com.ar

6.2.1.2 Solución salina:

La solución salina se debe preparar disolviendo 5 ± 1 partes por masa de sal en 95 partes de agua. La sal utilizada debe ser cloruro de sodio libre de níquel y cobre.

6.2.1.3 Temperatura:

La zona de exposición de la cámara de niebla salina se debe mantener a 35 °C +1.1 -1.7.

6.2.1.4 Suministro de aire:

El suministro de aire comprimido debe estar libre de aceite y suciedad y se debe mantener entre 10 psi y 25 psi.

6.2.2 Muestras para el ensayo

Se prepararan 3 conectores de anclaje para el ensayo de corrosión. Las muestras a ensayar son las que se presentan en la siguiente figura.

Figura 63. Muestras antes del ensayo de corrosión.



Fuente: los autores

6.2.3 Equipo utilizado

El equipo utilizado para la realización de la prueba de corrosión es la cámara de niebla fabricada por una empresa local llamada **MULTINGENIERIA LTDA**, este equipo se encuentra a disposición del laboratorio de corrosión de la escuela de ingeniería metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander.

Figura 64. Cámara de niebla de la escuela de ingeniería metalúrgica



Fuente: los autores

El equipo posee un panel de control en el cual se programa la temperatura de la cámara y el tiempo de exposición en ella, para nuestro caso se programara la temperatura en 35 °C y la duración del ensayo será de 48 horas.

Figura 65. Panel de control de la cámara de niebla



Fuente: los autores

Figura 66. Equipo de suministro de aire



Fuente: los autores

Figura 67. Deposito de solución salina



Fuente: los autores

6.2.4 Resultados

Después de 48 horas de exposición en la cámara de niebla salina las muestras deben ser retiradas y limpiadas adecuadamente como se expresa en la norma ASTM B117-90. Posteriormente estas muestras se deben lavar suavemente en agua corriente limpia, con una temperatura no mayor de 38 °C e inmediatamente ser secadas con el fin de eliminar los depósitos de sal de su superficie.

Las muestras ensayadas unas ves retiradas y limpiadas como se explico anteriormente se presentan en al siguiente figura.

Figura 68. Muestras sometidas al ensayo de corrosión.



Fuente: los autores

La norma NTC 2037 establece el requisito de resistencia a la corrosión para los conectores de anclaje, esta misma norma plantea como criterio de falla a este requisito la presencia de óxido rojo u otra evidencia de corrosión visible a un ojo de visión normal. Además de acuerdo a la norma, se permite la presencia de escamas blancas sobre las superficies del conector de anclaje al finalizar la prueba.

La siguiente figura representa el estado general de las tres muestras expuestas 48 horas en la cámara de niebla después de haber sido limpiadas. Como se puede observar estas no presentan ningún tipo de escamas o presencia de óxido rojo sobre su superficie, con lo cual se puede deducir que las muestras ensayadas satisfacen los requisitos planteados en la norma NTC 2037.

Figura 69. Estado general de las muestras ensayadas



Fuente: los autores

6.3 PRUEBA DE INSTALACION

Con el fin de evaluar el comportamiento real en hormigón o concreto del conector de anclaje y los elementos de fijación de torque controlado tipo Kwik Bolt 3 de la marca comercial HILTI sugeridos, se decide realizar la instalación de 3 conectores de anclaje en el edificio Luis A. Calvo de la Universidad Industrial de Santander siguiendo el procedimiento descrito en el manual de instrucciones del conector de anclaje, además de someterlos a una carga de tracción de 5000 lb con el propósito de revisar la solidez de la instalación y la presencia de fallas ya sea en el conector de anclaje o en el concreto.

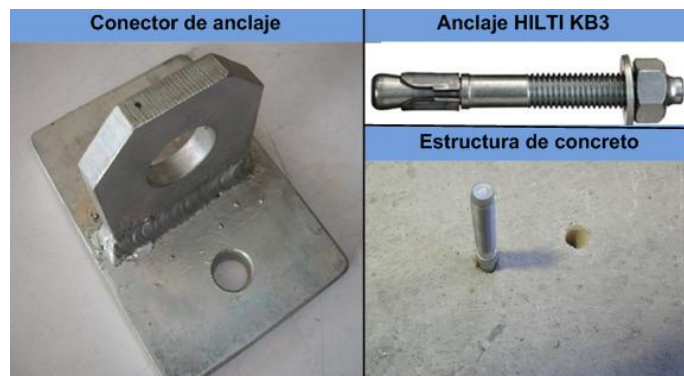
6.3.1 Elementos necesarios para la realización de la prueba

Los elementos necesarios para la realización de prueba constan de:

6.3.1.1 Elementos a probar:

Conectores de anclaje, los anclajes de fijación KB3 1/2" x 4 1/2" de HILTI y el anclaje estructural (techo en concreto del edificio).

Figura 70. Elementos a ensayar



Fuente: los autores

6.3.1.2 Elementos para la instalación:

Roto-martillo, bomba de aire manual pequeña, martillo, torquimetro.

Figura 71. Equipo para la instalación



Fuente: los autores

6.3.1.3 Elementos para aplicar carga:

Verificador del conector de anclaje.

Figura 72. Verificador de conector de anclaje

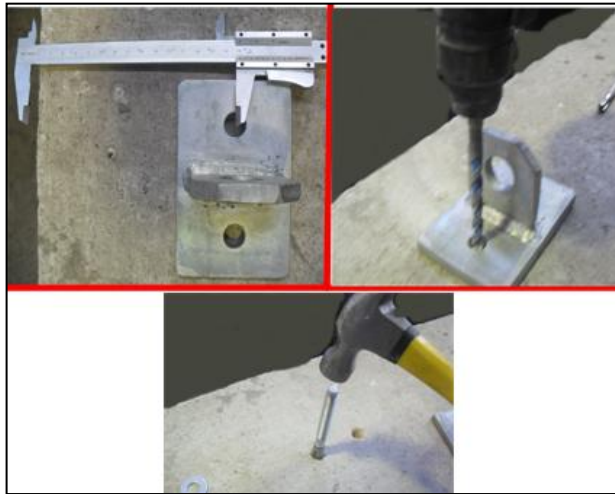


Fuente: los autores

6.3.2 Realización de la prueba

Para la realización de la prueba primero se instala el conector de anclaje como se planta en el manual de instrucciones del mismo.

Figura 73. Instalación de los conectores de anclaje



Fuente: los autores

Después de instalado se procede a aplicar la carga a tracción de 5000 lb y mantenerla por un minuto, con el fin de evaluar la resistencia del conector de anclaje en conjunto con la estructura y los elementos de fijación. Tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 74. Verificador aplicando carga al conector de anclaje.



Fuente: los autores

Se aplico carga hasta llegar a una medida de 5000 psi en el manómetro, que acorde a la gráfica presión vs fuerza anexada el equipo equivale a un valor ligeramente superior a las 5000 lb.

Figura 75. Manómetro registrando la carga aplicada.



Fuente: los autores

Después de pasado el minuto se retiro el verificador y se inspecciono el estado del conector y del concreto a su alrededor, observando ningún tipo de daño evidente.

Después de esto se realizo el mismo procedimiento en otros dos puntos distintos al ya evaluado. Evidenciando de la misma forma que el conector de anclaje, los elementos de fijación y la estructura en la cual se instalan no presentaron ningún tipo de daño o falla.

Figura 76. Puntos donde se realizaron las pruebas



Fuente: los autores

7. ANALISIS DE COSTOS

Una de las iniciativas al plantear este proyecto era que dado lo poco comercial que es este tipo de elemento en el mercado local, es muy difícil de conseguir y las pocas empresas que ofrecen este producto fijan un precio considerablemente alto para éste.

A continuación se plantea un análisis comparativo entre el costo de un conector de anclaje fijo comercial y el diseñado en este proyecto.

7.1 CONECTOR DE ANCLAJE COMERCIAL

A continuación se plantea el costo de un conector de anclaje certificado vendido en una empresa local.

Tabla 16. Costos de un conector de anclaje comercial.

ITEM	COSTO
Conector de anclaje certificado marca DBI SALA	120.000
Tornillos de fijación marca HILTI	2x 4.000
TOTAL	128.000
Conector de anclaje incluyendo la instalación	180.000

Fuente: los autores

7.2 CONECTOR DE ANCLAJE DISEÑADO

A continuación se plantea el costo del conector de anclaje diseñado y analizado en este proyecto.

Tabla 17. Costos del conector de anclaje diseñado

ITEM	COSTO
Base del conector de anclaje (ASTM A36 de 3/8")	3.000
Anillo del conector de anclaje (ASTM A36 de 3/8")	5.000
Tornillos de fijación marca Kwik Bolt 3 de ½"x 4 ½" HILTI	2 x 4.000
Fabricación (taladrar, soldar)	7.000
Galvanizado	5.000
TOTAL	28.000

Fuente: Los autores

Como se puede observar que el valor del conector de anclaje diseñado es significativamente menor que el de uno comercial. El costo del conector de anclaje planteado en este trabajo de grado es alrededor del 22% del costo del conector comercial certificado, siendo así una gran alternativa para ser usados como parte un sistema personal de detención de caídas.

8. CONCLUSIONES

- Mediante análisis y cálculos se diseñó un tipo de conector de anclaje capaz de resistir 5000 lb en las dos condiciones críticas para las direcciones permitidas cuando es usado como parte de sistema personal de detención de caídas.
- Por medio del software SolidWorks y su paquete de elementos finitos Simulation, se realizó un análisis estático al diseño del conector de anclaje planteado, verificando así que éste tiene una resistencia mayor a 5000 lb.
- Se pudo demostrar mediante pruebas de resistencia estática realizadas en los laboratorios de ingeniería civil ubicados en el edificio Álvaro Beltrán, que los conectores de anclaje fabricados con base en el diseño planteado presentan una resistencia a la fluencia mínima cercana a los 8800 [lb] lo cual es superior al requisito de 5000 [lb] establecido en la norma NTC.
- Se evaluó y verificó mediante ensayos en la cámara de niebla del laboratorio de corrosión de la escuela de ingeniería metalúrgica, que el conector de anclaje diseñado satisface el requisito establecido en la norma NTC 2037, la cual plantea una prueba de exposición en ambiente salino por un periodo mínimo de 48 horas cuando se realizó bajo la norma ASTM B117-90.
- Se diseñó y fabricó un tipo de conector de anclaje que satisface los requisitos establecidos en la norma NTC 2073 para este tipo de elemento.
- Se fabricó un mecanismo portátil capaz de aplicar y medir una carga a tracción de 5000 [lb] a los conectores de anclaje ya instalados, con el

propósito de verificar la solidez de su instalación y poder realizar pruebas en el sitio.

- Por último se evaluó mediante métodos aprobados internacionalmente, el comportamiento de los anclajes de fijación y la estructura de concreto, con el fin de determinar condiciones de instalación para un funcionamiento seguro.
- Se diseñó un conector de anclaje con un costo mucho menor que el establecido comercialmente para este tipo de elementos.

9. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Con el fin de tener un mayor nivel de confiabilidad en las pruebas realizadas a los conectores de anclaje se debe realizar un análisis estadístico para determinar el número adecuado de muestras que puedan representar todo un lote de este producto.

En caso de instalar conectores de anclaje en condiciones diferentes a las planteadas y evaluadas, se hace necesario realizar un análisis basado en el código ACI 318 apéndice D, como el desarrollado en este libro para las nuevas condiciones de instalación.

Después de instalado el conector de anclaje se recomienda someterlo a una carga a tracción de 5 [KN] con el verificador, con el fin de comprobar la solidez de la instalación.

Debido a que el conector de anclaje funciona en conjunto con los elementos que lo fijan a la estructura, se recomienda evaluar la resistencia a la corrosión de estos elementos de fijación bajo el criterio de la norma NTC 2037 al igual que el conector de anclaje.

Se recomienda también determinar la resistencia a la corrosión límite de los conectores de anclaje diseñados, ya en este proyecto solo se busco determinar si cumplía o no con el requisito establecido en la norma.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMITÉ ACI 318. Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario. ACI 318S-05. Farmington Hills, MI: El Instituto, 2005. 495 p.

BUDYNAS, RICHARD G Et Al. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México: Mc Graw Hill, 2008. p. 460-501.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Resolución 003673 (23, septiembre, 2008). Por la cual se establece el reglamento técnico de trabajo seguro en alturas. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2008. 21 p.

CUFER. Catalogo de manómetros. Disponible en <www.cuferimportadores.com>

HILTI. Catalogo de anclajes de fijación. Disponible en <www.us.hilti.com>

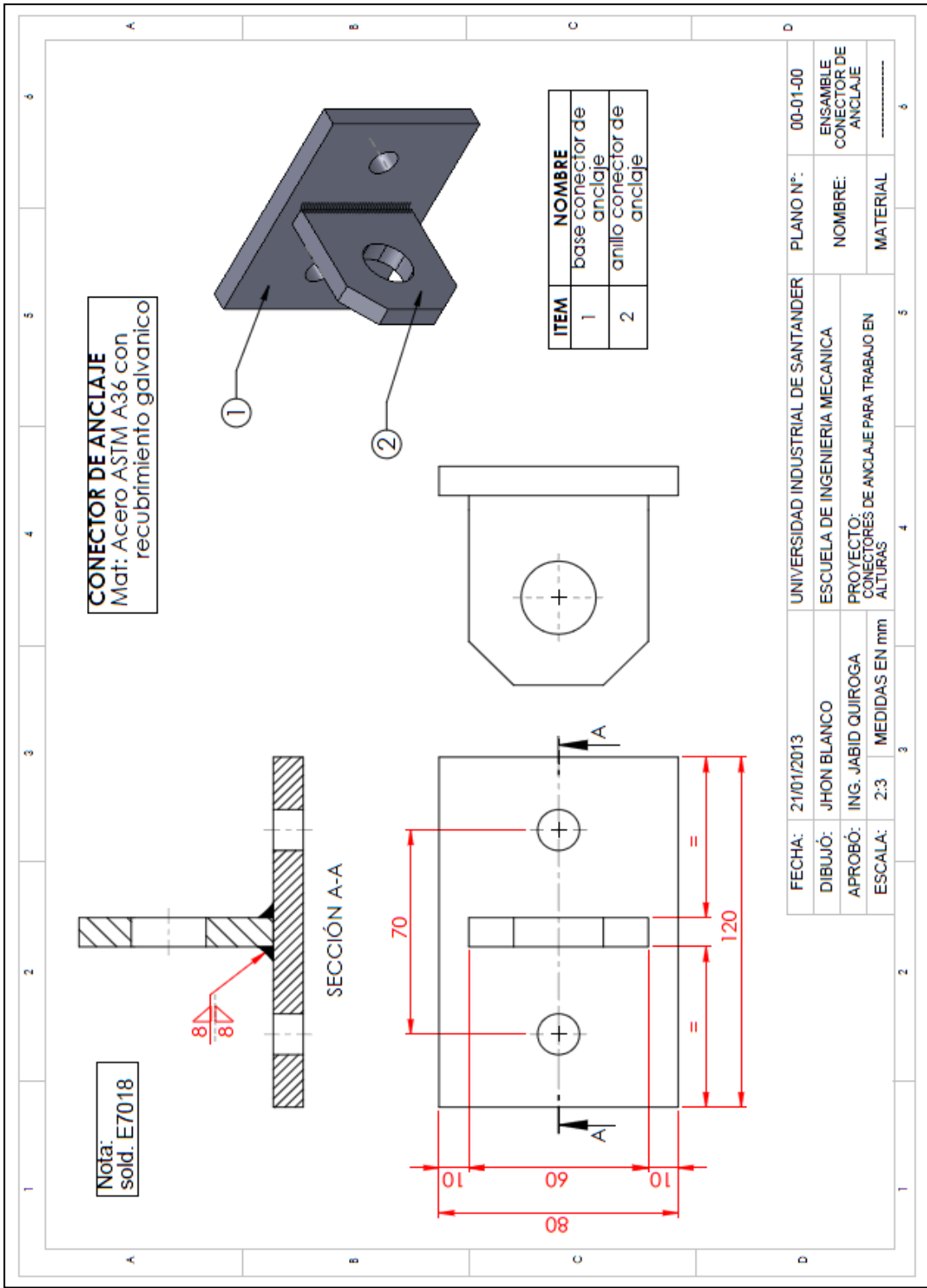
INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Procedimiento para el ensayo en cámara salina. NTC 1156. Bogotá D.C.: El Instituto, 1998. 17 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Requisitos de seguridad para sistemas, subsistemas y componentes personales de detención de caídas. NTC 2037. Bogotá D.C.: El Instituto, 2010. 97 p.

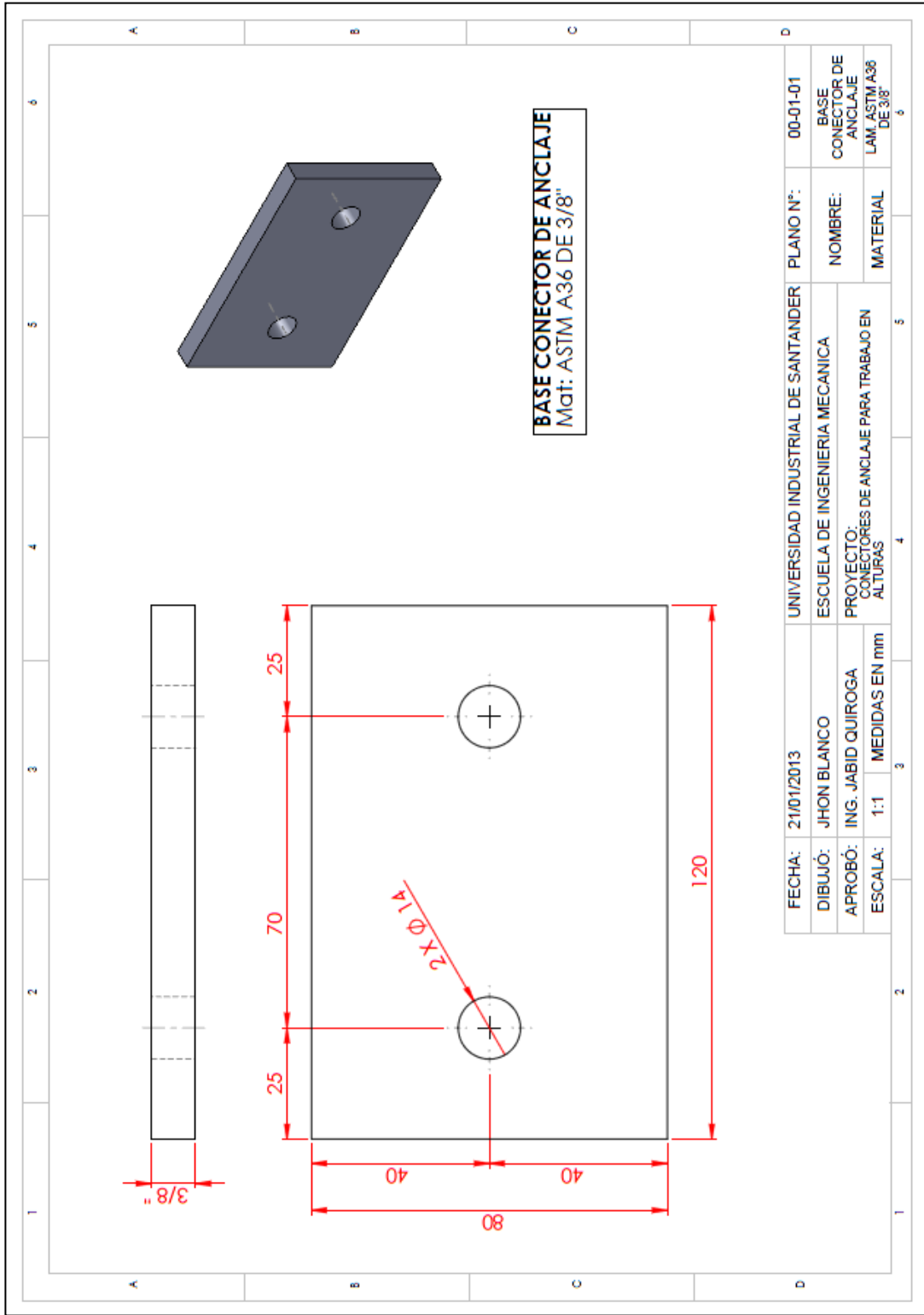
KTC. Catalogo de gatos hidráulicos tipo botella. Disponible en <www.ktcep.com>

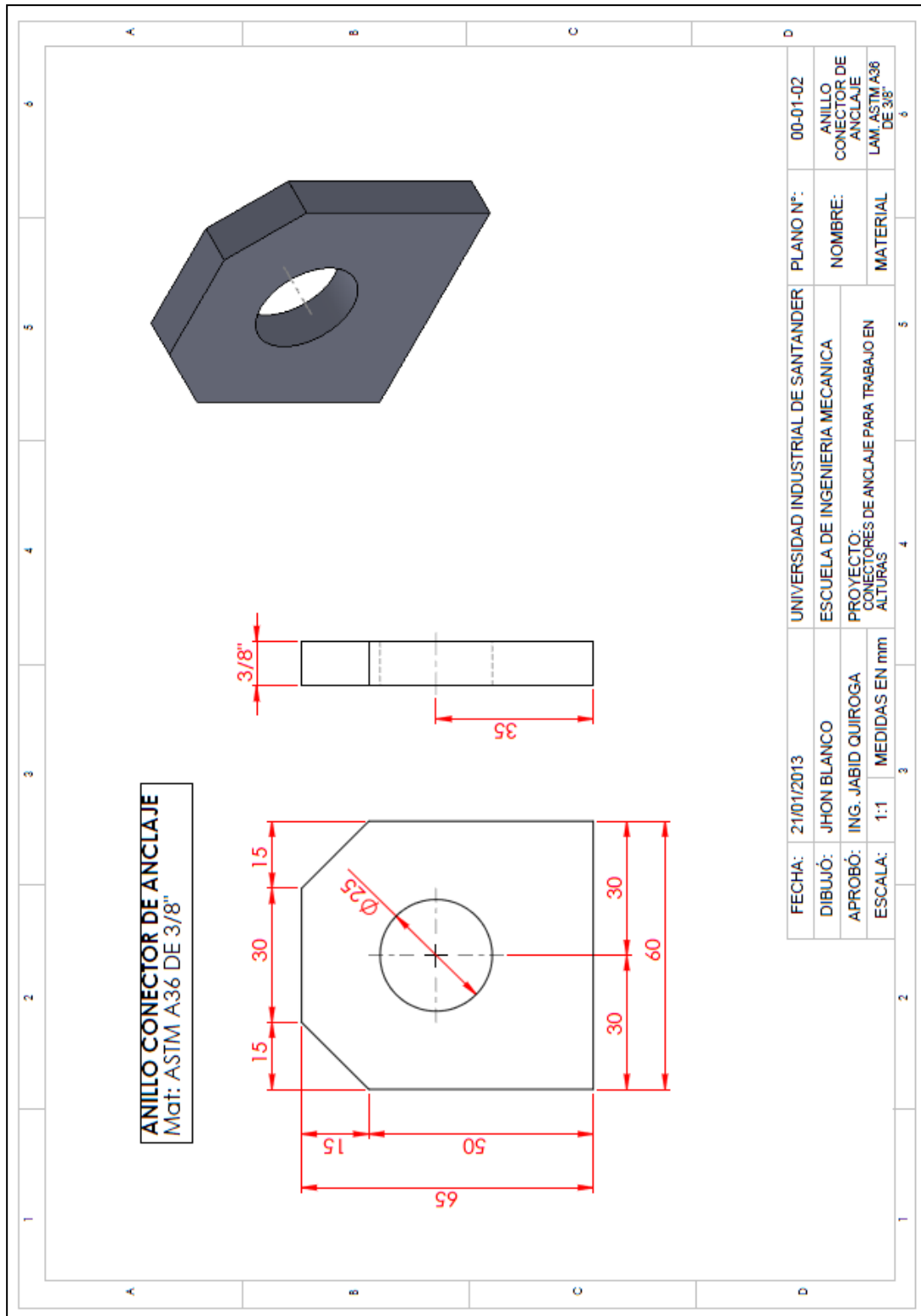
ANEXOS

ANEXO A. PLANOS

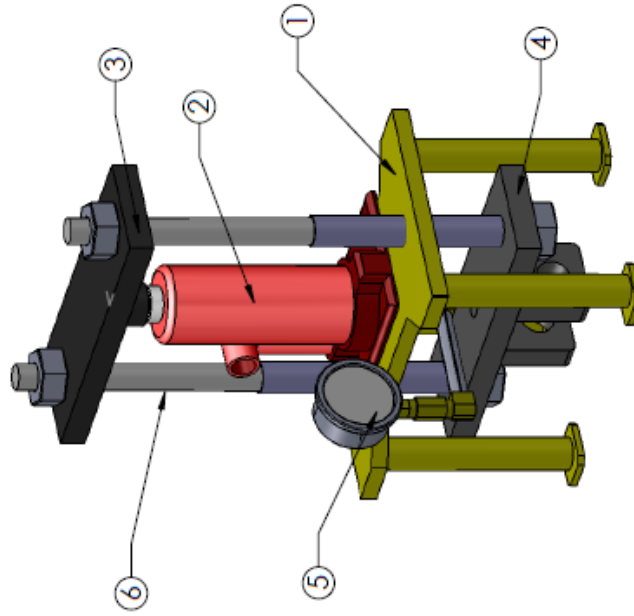


FECHA:	21/01/2013	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	PLANO N°:	00-01-00
DIBUJÓ:	JHON BLANCO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	NOMBRE:	ENSAMBLE CONECTOR DE ANCLAJE
APROBÓ:	ING. JABID QUIROGA	PROYECTO: CONECTORES DE ANCLAJE PARA TRABAJO EN ALTURAS	MATERIAL:	-----
ESCALA:	2:3	MEDIDAS EN mm		



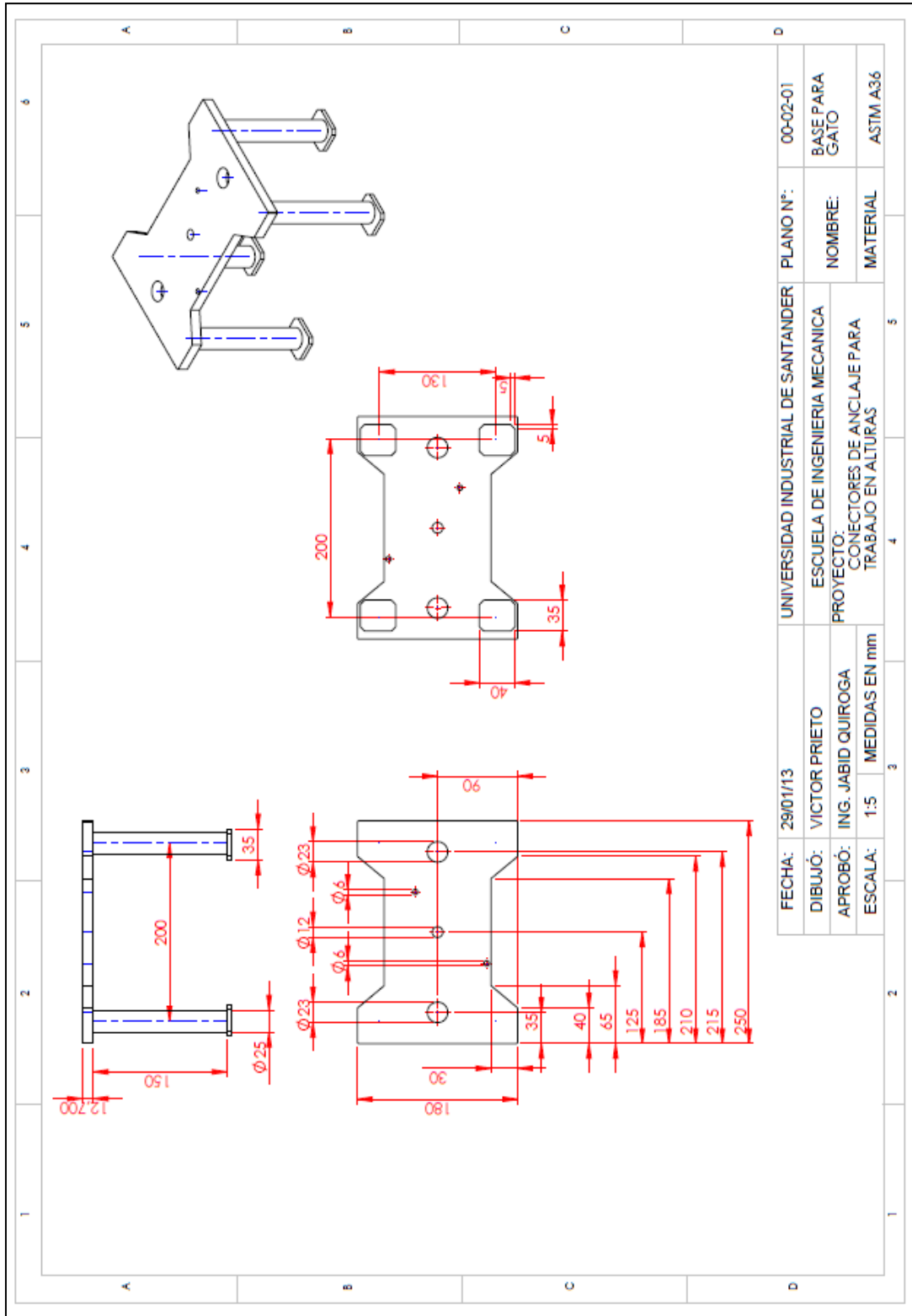


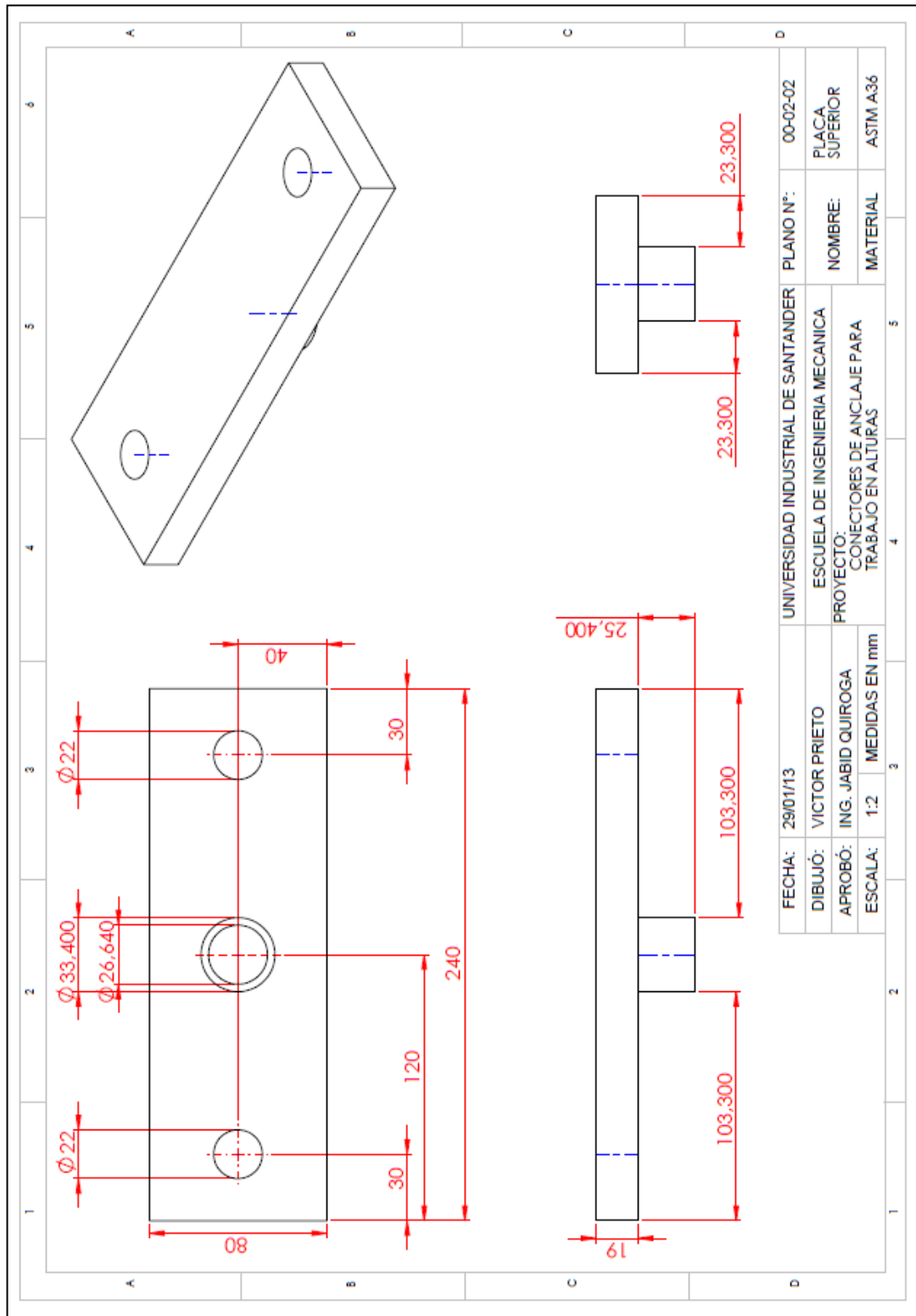
VERIFICADOR CONECTOR DE ANCLAJE

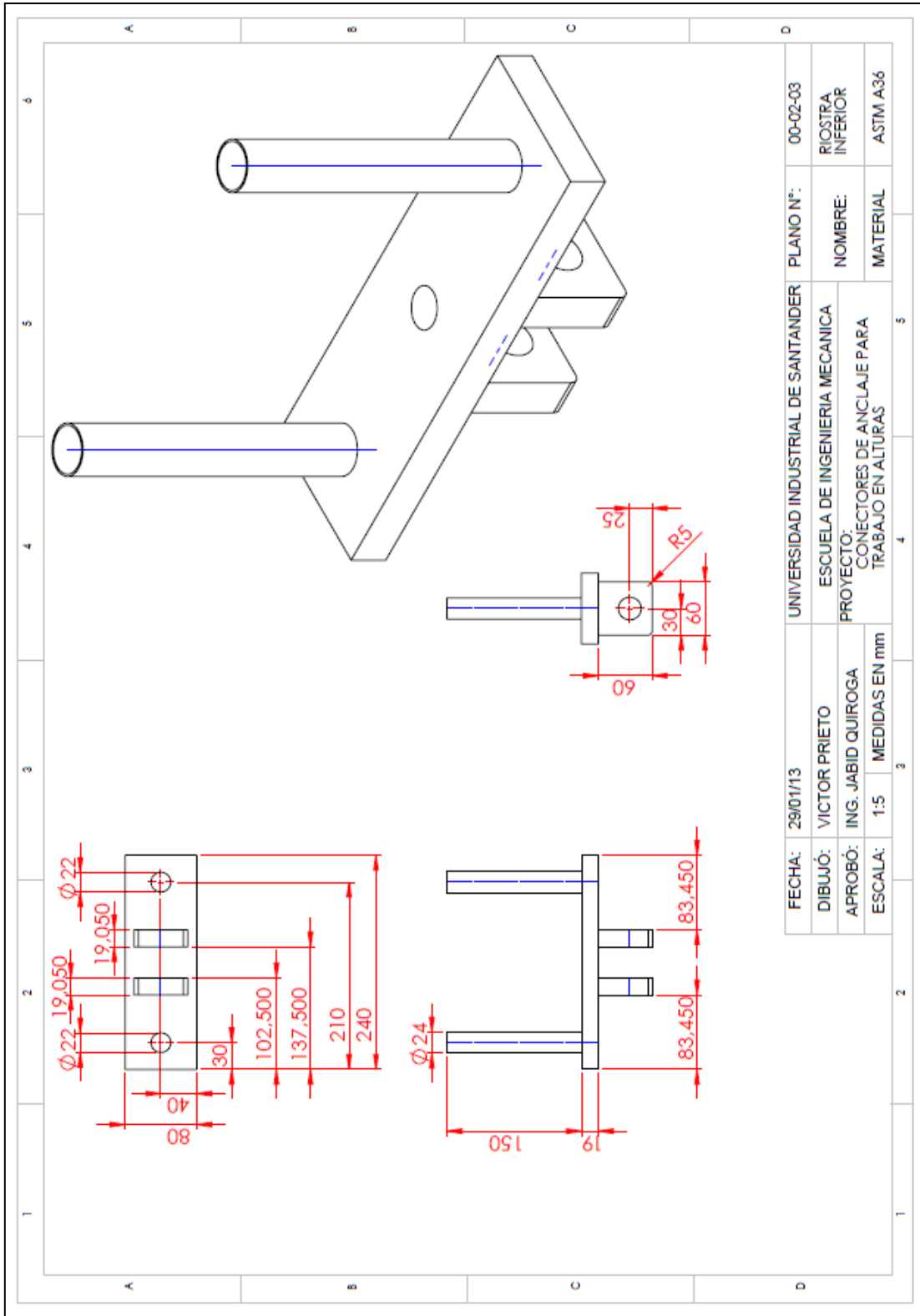


ITEM	NOMBRE
1	base para gato hidraulico
2	gato hidraulico de botella
3	placa superior
4	riostra inferior
5	manometro
6	varillas roscadas

FECHA:	30/01/2013	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	PLANO N°:	00-02-00
DIBUJÓ:	VICTOR PRIETO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	NOMBRE:	VERIFICADOR CONECTOR DE ANCLAJE
APROBÓ:	ING. JABID QUIROGA	PROYECTO:	MATERIAL	-----
ESCALA:	1:4	CONECTORES DE ANCLAJE PARA TRABAJO EN ALTURAS		







ANEXO B. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL CONECTOR DE ANCLAJE.



Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga-Santander-Colombia
Dirección: Calle 9 # 27

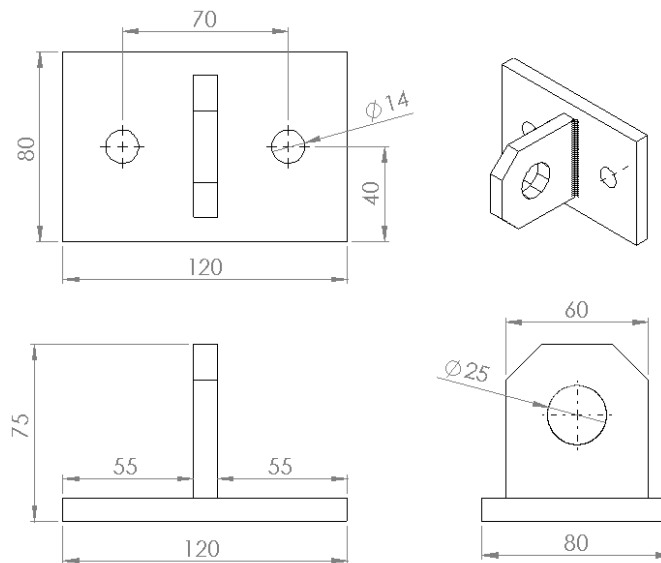
Instrucciones para el siguiente producto:

Modelo N°:
Pieza N°:

Este manual se ha desarrollado con el fin de la norma NTC 2037, y debe ser utilizado como parte de un programa de

Este producto forma parte de un sistema personal de detención de caídas. Estas instrucciones deben ser suministradas al usuario de este equipo. El usuario debe leer, comprender y seguir de manera adecuada estas instrucciones antes de utilizar este equipo,

Especificaciones:
Geometría:

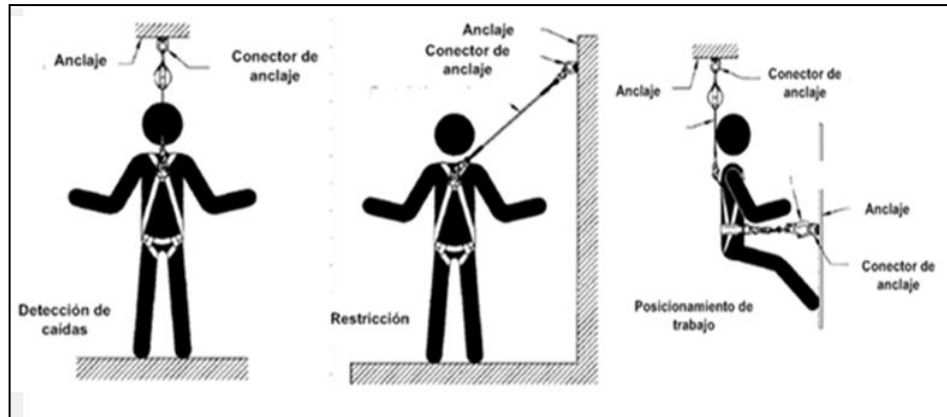


Material: El conector de anclaje consta de 2 placas de acero ASTM A36 de 3/8" soldadas con un electrodo E7018 y cuenta además con un recubrimiento galvánico.

Capacidad: 5000 lbs. (22.25 KN).

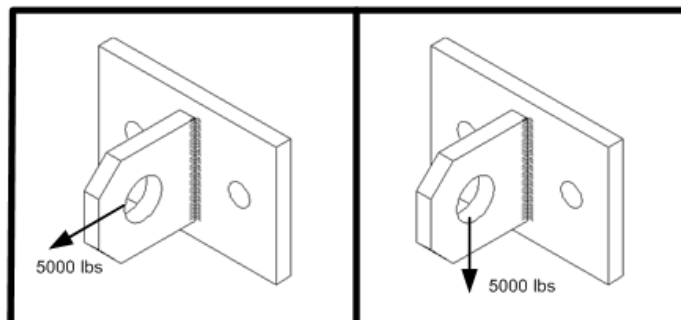
Aplicación:

El conector de anclaje está diseñado para ser usado como parte de un sistema de detención de caídas, de restricción y de posicionamiento de trabajo.



Requisitos del conector de anclaje según lo establecido en la norma NTC 2037 artículo 7.2.3:

- Los conectores de anclaje deben tener una resistencia fuerza capaz de sostener cargas estáticas aplicadas en las direcciones permitidas por el sistema personal de detención de caídas de al menos 5000 lbs (22.25 KN).
- El conector de anclaje no debe ser usado por más de un sistema personal de detención de caídas.

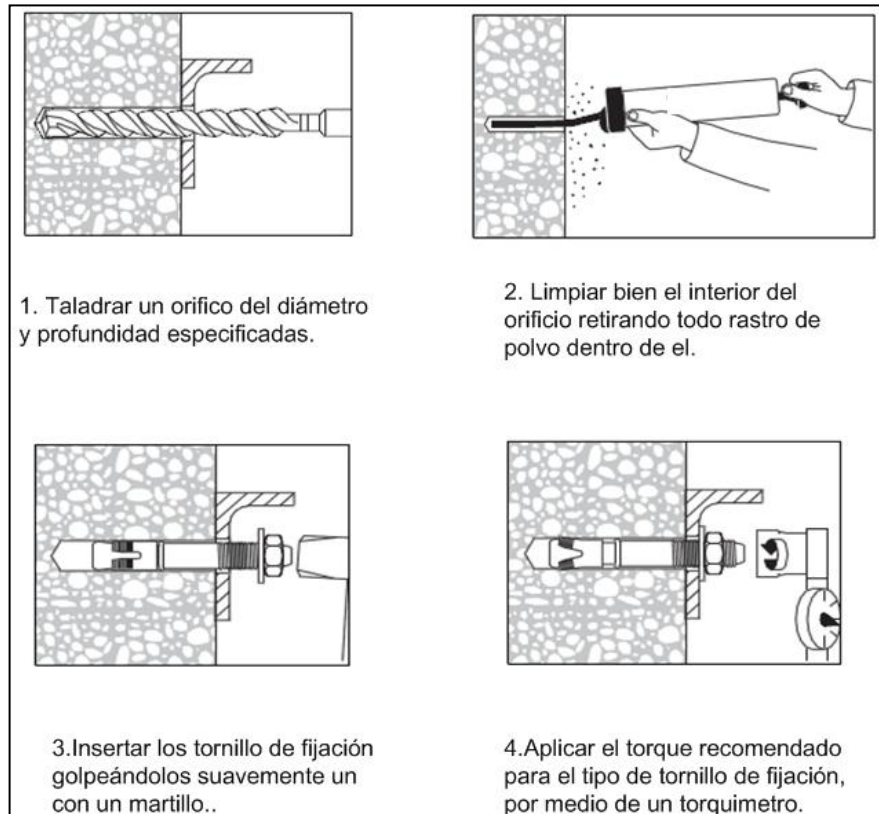
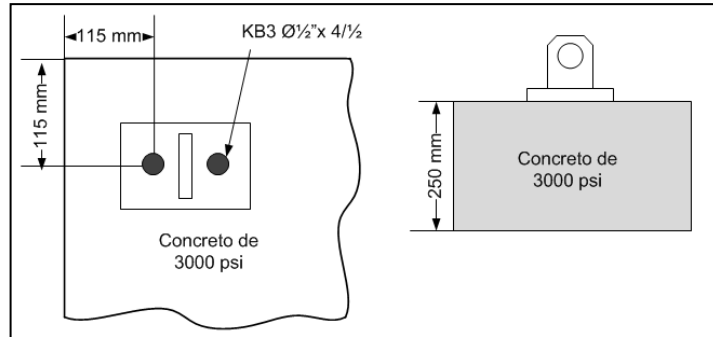


Limitaciones:

- Los conectores de anclaje deben ser usados con elementos compatibles que hayan sido diseñados para trabajar juntos, de forma tal que sus tamaños y formas no generen un mal funcionamiento de los mismos.
- Jamás use un conector de anclaje si este impide el correcto cierre del gancho o mosquetón
- El uso inapropiado de los conectores de anclaje puede generar al usuario riesgos de sufrir lesiones graves o incluso la muerte.
- Se debe evitar el realizar cualquier tipo de modificación u alteración al conector de anclaje ya que puede debilitarlo y hacerlo inseguro.
- Evite exponer el conector de anclaje a peligros físicos como fuentes eléctricas, termales o químicas.
- No se debe usar el conector de anclaje en contacto con bordes afilados o superficies abrasivas.
- El conector de anclaje no debe ser usado por más de un sistema personal de detención de caídas.

Instalación:

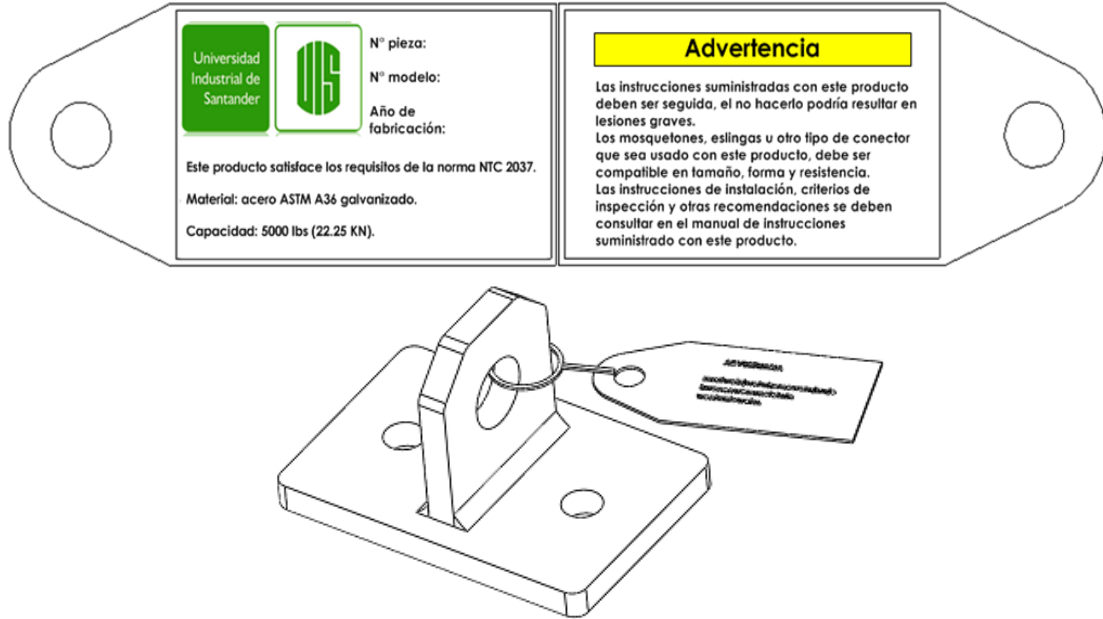
El conector de anclaje está diseñado para ser instalado en concreto de 3000 psi de 25 cm de profundidad, con distancia a borde min de 115 mm. Además debe ser instalado con tornillos de fijación de torque controlado Kwik-Bolt 3 de diámetro ½” y largo 4 ½”, de la marca comercial HILTI.



- Toda instalación debe ser verificada por una personal calificada mediante un análisis basado en el código ACI 318 apéndice D y las fichas técnicas de los tornillos de fijación.
- Como método alternativo para verificar la solides de la instalación se sugiere aplicar una carga a tracción de 5 KN sobre el conector de anclaje ya instalado.

Etiquetado:

El siguiente es el formato de la etiqueta que debe tener estar presente en el conector de anclaje y la forma en que debe colocarse.



Inspección:

Los conectores de anclaje y su conexión a la estructura deben ser inspeccionados periódicamente por el usuario y registrar los resultados de la inspección en el registro de inspección. En la inspección se busca determinar si el conector de anclaje o los tornillos de fijación presentan alguno de los siguientes defectos: deformación, corrosión, grietas, desgaste, u otra señal que indique que mal funcionamiento.

Deberán ser retirados del servicio los elementos que su inspección demuestren una condición insegura o defectuosa, al igual que los que hayan sido sometidos a fuerzas de detección de caídas.

Limpieza y almacenamiento:

El producto debe ser limpiado periódicamente para eliminar todo rastro de suciedad, corrosión, pintura, y otro tipo de material contaminante que hayan podido acumularse en él. Cuando el producto no esté en servicio, deberá ser almacenado en un área limpia, seca y carente de protegida de agentes corrosivos.

Registro de inspección y mantenimiento.

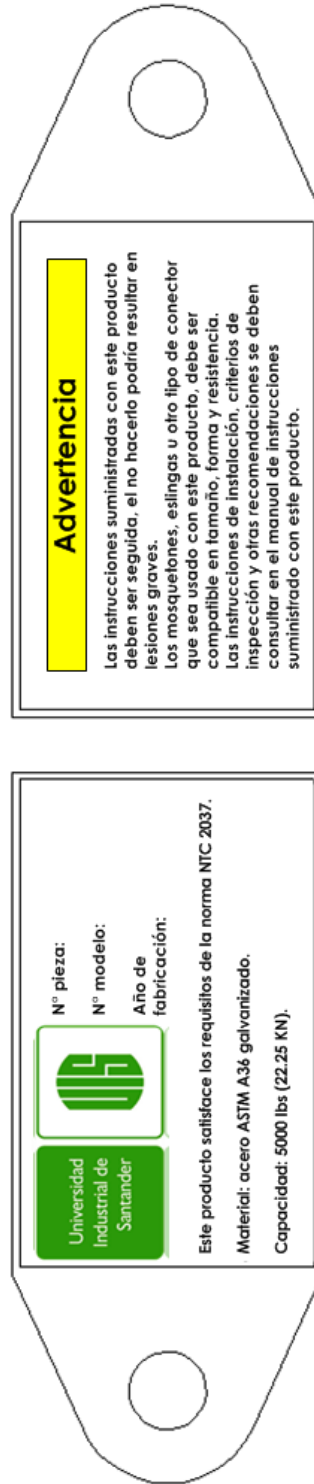
Fecha de fabricación: _____

Modelo numero: _____

Fecha de compra: _____

Fecha de inspección	Puntos de inspección relevantes	Acción correctiva	Mantenimiento realizado
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			
Aprobado por:			

ANEXO C. ETIQUETA



ANEXO D. FICHA TECNICA DEL ANCLAJE DE FIJACION KWIK BOLT 3

Design Information	Symbol	Units	Nominal anchor diameter												
			1/4	3/8	1/2		5/8		3/4						
Anchor O.D.	d_o	in. (mm)	0.25 (6.4)	0.375 (9.5)	0.5 (12.7)		0.625 (15.9)		0.75 (19.1)						
Effective min. embedment ²	h_{ef}	in. (mm)	1-1/2 (38)	2 (51)	2 (51)	3-1/4 (83)	3-1/8 (79)	4 (102)	3-3/4 (95)	5 (127)					
Min. member thickness	h_{min}	in. (mm)	4 (102)	4 (102)	5 (127)	4 (102)	6 (152)	6 (152)	8 (203)	5 (127)	6 (152)	6 (152)	8 (203)	8 (203)	
Critical edge distance	c_o	in. (mm)	2-3/4 (70)	4-1/2 (114)	3-7/8 (98)	4-7/8 (124)	3-5/8 (92)	6-3/4 (171)	5-5/8 (143)	7-1/2 (191)	9-1/2 (241)	7-1/2 (191)	9-3/4 (248)	7-1/2 (191)	9-1/2 (241)
Min. edge distance	c_{min}	in. (mm)	1-3/8 (35)	2 (51)	1-1/2 (38)	2-1/8 (54)	2 (51)	1-5/8 (41)	1-5/8 (41)	2-1/4 (57)	1-3/4 (44)	1-3/4 (44)	2-3/4 (70)	2-5/8 (67)	2-1/2 (64)
	for $s \geq$	in. (mm)	1-3/4 (44)	2-7/8 (73)	3-1/2 (89)	4-7/8 (124)	4-3/4 (121)	4-1/4 (108)	4 (102)	5-1/4 (133)	4-3/4 (121)	4 (102)	6-7/8 (175)	6-1/2 (165)	6-3/8 (162)
Min. anchor spacing	s_{min}	in. (mm)	1-1/4 (32)	1-3/4 (44)	1-3/4 (44)	2-1/2 (64)	2-1/4 (57)	2 (51)	1-7/8 (48)	2-3/8 (60)	2-1/8 (54)	2-1/8 (54)	3-3/4 (95)	3-3/8 (86)	3-1/4 (83)
	for $c \geq$	in. (mm)	1-5/8 (41)	2-3/8 (60)	2-3/8 (60)	2-5/8 (67)	2-3/8 (60)	2-1/4 (57)	2 (51)	3-1/8 (79)	2-3/8 (60)	2-1/4 (57)	3-3/4 (95)	3-3/8 (86)	3-3/8 (86)
Min. hole depth in concrete	h_o	in. (mm)	2 (51)	2-5/8 (67)	2-5/8 (67)	4 (102)	3-7/8 (98)	4-3/4 (121)	4-1/2 (114)	5-3/4 (146)					
Min. specified yield strength	f_y	psi (N/mm ²)	84,800 (585)	84,800 (585)	84,800 (585)		84,800 (585)		84,800 (585)						
Min. specified ultimate strength	f_u	psi (N/mm ²)	106,000 (731)	106,000 (731)	106,000 (731)		106,000 (731)		106,000 (731)						
Effective tensile stress area	A_{se}	in ² (mm ²)	0.02 (12.9)	0.06 (38.7)	0.11 (71.0)		0.17 (109.7)		0.24 (154.8)						
Steel strength in tension	N_s	lb (kN)	2,120 (9.4)	6,360 (28.3)	11,660 (51.9)		18,020 (80.2)		25,440 (113.2)						
Steel strength in shear	V_s	lb (kN)	1,640 (7.3)	4,470 (19.9)	6,635 (29.5)	6,750 (30.0)	12,230 (54.4)	15,660 (69.7)	16,594 (73.8)						
Steel strength in shear, concrete on metal deck ³	$V_{s,metal}$	lb (kN)		1,930 (8.6)	2,840 (12.6)	3,155 (14.0)	6,585 (29.3)	NP							
Pullout strength uncracked concrete ⁴	$N_{p,uncr}$	lb (kN)	1,575 (7.0)	NA	NA	6,800 (30.2)	NA	NA	10,585						
Pullout strength concrete on metal deck ⁵	$N_{p,metal,uncr}$	lb (kN)	1,750 (7.8)	2,245 (10.0)	2,730 (12.1)		4,765 (21.2)		NP						
Anchor category ⁶	1, 2 or 3	-	1												
Effectiveness factor k_{uncr} uncracked concrete ⁷	k_{uncr}	-	24												
Installation torque	T_{inst}	ft-lb (Nm)	4 (5)	20 (27)	40 (54)		60 (81)		110 (149)						
Axial stiffness in service load range	B	(lb/in)	116,150	162,850	203,500		191,100		222,150	170,700	207,400	164,000			
COV B_{cov}	B	%	60	42	29		29		25	21	19	24			
Strength reduction factor Φ for tension, steel failure modes ⁸	0.75														
Strength reduction factor Φ for shear, steel failure modes ⁹	0.65														
Strength reduction factor Φ for tension, concrete failure modes, Condition B ⁹	0.65														
Strength reduction factor Φ for shear concrete, failure modes, Condition B ⁹	0.70														