

## Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas

### Implementation of a Software for the Design of Anchorages in Beams and Columns Steel Structures

**Betzabeth Suquillo-Ronquillo<sup>1,2</sup>; Evelyn Cabrera-Álvarez<sup>3</sup>; Juan Chacón-Sánchez<sup>4</sup>; Margarita Mayacela-Rojas<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile - Chile, [bsuquillo@ug.uchile.cl](mailto:bsuquillo@ug.uchile.cl)

<sup>2</sup>SyllCons, Consultoría en Ingeniería y Construcción, Quito-Ecuador, [ing.syllcons@gmail.com](mailto:ing.syllcons@gmail.com)

<sup>3</sup>Hidrovictoria S.A., Departamento de Ingeniería Civil, Quito - Ecuador, [hebellin@hotmail.com](mailto:hebellin@hotmail.com)

<sup>4</sup>Ingenio Innova, Consultor Independiente, Quito - Ecuador, [ingenio\\_innova@hotmail.com](mailto:ingenio_innova@hotmail.com)

<sup>5</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, [cm.mayacela@uta.edu.ec](mailto:cm.mayacela@uta.edu.ec)

**DOI:** <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803>

#### Resumen

Dentro del sistema constructivo que forman parte de las conexiones en estructuras metálicas, se encuentran elementos estructurales que aseguran la continuidad del edificio y transmiten fuerzas de un miembro a otro, los cuales se denominan placas base para columnas y placas de soporte para vigas. El análisis de estos elementos consiste en un proceso sistemático y matemático bastante extenso, lo que ocasiona que el tiempo empleado para el diseño sea considerable lo cual puede generar

errores matemáticos, pudiendo generar elementos sobredimensionados, lo cual ocasionaría la utilización de recursos económicos innecesarios o a su vez generaría elementos sub-dimensionados que indicaría una resistencia menor a la requerida provocando grandes problemas en el comportamiento de la estructura. En el presente artículo se muestra la implementación de un software libre y de fácil manejo para el diseño de anclajes de columnas y vigas metálicas (ANCHOR DESIGN) de acuerdo con lineamientos establecidos por la norma ANSI/AISC 360-16. Los resultados obtenidos fueron validados y comparados manualmente y con otras investigaciones reflejando bajos porcentajes de diferencia lo cual asegura la

---

**Palabras clave:** Anclajes estructurales, estructura metálica, placas base.

---

## Abstract

In the connections of steel structures, there are structural elements in the construction system that ensure the continuity of the building and transmit forces from one member to another, which are called base plates for columns and support plates for beams. The analysis of these elements consists of a quite extensive systematic and mathematical process, which causes that the time used for the design is considerable and due to the number of iterations mathematical errors can occur, which can generate oversized elements, which causes the use of unnecessary economic resources or in turn generate under-dimensioned elements that would indicate a lower resistance than required causing major problems in the behavior of the structure. The objective of this research was to create a free and easy to use software for the design of anchorage of steel columns and beams (ANCHOR DESIGN) according to the guidelines established by the ANSI/AISC 360-16 standard. This software is accompanied by a user's manual describing step by step some common calculation examples and its results were compared with exercises developed by (Fisher & Kloiber, 2006) reflecting low percentages of

difference which ensures the reliability of the design and assures the link between the foundation and the superstructure.

---

**Keywords:** | Structural anchors, steel structures,  
base plate.

---

## Introducción

La ocurrencia de eventos sísmicos de gran envergadura como el sismo de como Northridge (1994) de magnitud 6.7 y Kobe (1995) de magnitud 7.3 obligaron a instituciones e investigadores a estudiar con mayor profundidad el comportamiento de estructuras metálicas bajo acciones sísmicas logrando desarrollar procedimientos que garantizan el buen desempeño de las estructuras, y que han sido incorporados en las diferentes actualizaciones de las normas de diseño de estructuras metálicas. (Núñez et al., 2017)

Las nuevas tecnologías y el diseño de materiales cada vez más ligeros han incrementado el uso de las estructuras metálicas, por lo que el número de edificios que la utilizan van rápidamente en aumento. Para garantizar la sismo-resistencia de una estructura es de vital importancia asegurar el paso de las cargas en la superestructura hacia la cimentación. (Fuentes et al., 2018)

Una estructura metálica necesita elementos complementarios que son de igual importancia que los elementos principales porque hacen el diseño más práctico y rápido a la hora del montaje además de que permiten la transmisión de esfuerzos desde la superestructura hacia el sistema de fundaciones o transmisión de cargas en sistemas mixtos. (Chacón et al., 2018)

Estos elementos complementarios son las placas base en columnas, pernos de anclaje y placas de soporte que sirven de unión de vigas metálicas a columnas de hormigón en sistemas estructurales mixtos y entre la cimentación y columnas metálicas.

## Metodología

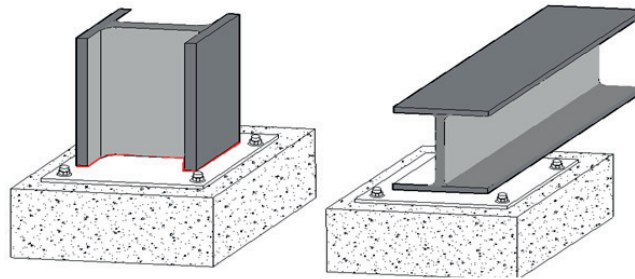
En la actualidad existen distintas normas de diseño para el análisis de los elementos complementarios, las cuales se diferencian en función del material del cual está compuesta la estructura metálica. Entre ellas podemos mencionar a la Norma AISC para perfiles estándar laminadas en caliente y la Norma AISI para perfiles de lámina delgada conformados en frío aplicando para cada una de ellas el método bajo cargas de servicio ASD ó el método para cargas últimas LRFD. Adicional de ello están procedimientos analíticos de casos tipificados y ampliamente corroborados experimentalmente como los descritos en la Guía de Diseño 1 para Placas Base y Pernos de Anclaje del American Institute of Steel Construction (Fisher & Kloiber, 2006) los cuáles comprenden un procedimiento bastante extenso e iterativo que puede ocasionar que el tiempo empleado para el diseño sea considerable, desgastante y debido al número de iteraciones puedan presentarse errores matemáticos. Esto puede ocasionar elementos sobredimensionados lo cual generaría la utilización de recursos económicos innecesarios o a su vez generar elementos sub-dimensionados que indicaría una resistencia menor a la requerida provocando grandes problemas en el comportamiento de la estructura frente a la ocurrencia de eventos adversos, como grandes pérdidas tanto económicas como humanas para nuestra sociedad.

Este programa aplica los distintos criterios utilizados en la implementación del diseño de placas de soporte y placas base para columnas metálicas tanto a flexo-compresión uniaxial como a flexo-compresión biaxial, tomando en consideración que la resistencia de los anclajes depende de las propiedades del acero y del tamaño del anclaje.

Por lo que las iteraciones para un óptimo diseño van a ir en función de la resistencia de la porción empotrada del anclaje depende de su longitud de empotramiento, resistencia del hormigón, de la proximidad de otros anclajes, distancia a los bordes libres, y de las características del extremo empotrado del anclaje.

## Figura 1

*Elementos complementarios a analizar con el software ANCHOR DESIGN.*



**Fuente:** Adaptado de la Guía de Diseño AISC (2006)

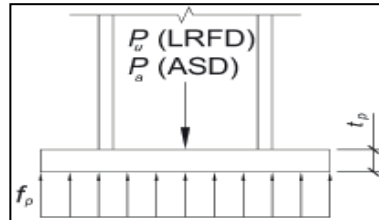
**Nota:** Elementos que forman parte del sistema constructivo de placas de anclaje para columnas y vigas metálicas.

**Placas base.-** Las placas base para columnas, dependiendo del tipo de apoyo y de las solicitaciones, se diseñan para resistir el momento y el cortante, los cuales se deben considerar de manera independiente, asumiendo que no existe una interacción significativa entre los dos según Bermúdez, C. (2005). Para el diseño, las dos normas AISC y AISI utilizan el mismo procedimiento de cálculo, pero con propiedades mecánicas diferentes pertenecientes a cada material. Adicional también considera los esfuerzos a los cuáles está expuesto como:

- CASO I: Considerando únicamente cargas axiales. - Cuando una columna está sometida únicamente a cargas axiales, la placa base debe ser diseñada de tal manera que sus dimensiones sean suficientes para resistir las presiones ejercidas por el hormigón y la columna, por lo que es necesario conocer como éstos influyen en el dimensionamiento de la placa base, como se muestra en la “Figura 2”.

**Figura 2**

*Distribución uniforme de cargas axiales en una placa base.*



**Fuente:** Guía de Diseño AISC (2006)

*Nota:* El programa ANCHOR DESIGN contempla el diseño de los anclajes para el caso I (únicamente carga axial).

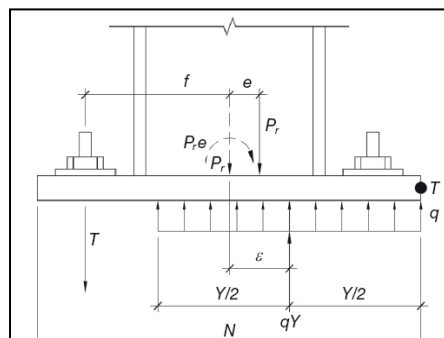
- CASO II: Considerando cargas axiales y momento flector. - Cuando una columna está sometida a momento flector, su diseño está relacionado con la excentricidad equivalente, es decir:

Cuando  $e \leq e_{crit}$

Para estas excentricidades, es decir para excentricidades equivalentes menores a excentricidades críticas, la fuerza axial es resistida sólo por aplastamiento, sin fuerza de tensión; no habrá tendencia al volcamiento por lo que el anclaje no interviene en el equilibrio de momentos, como se muestra en la “Figura 3”.

**Figura 3**

*Distribución uniforme de cargas axiales y momento flector con excentricidades pequeñas.*



**Fuente:** Guía de Diseño AISC (2006)

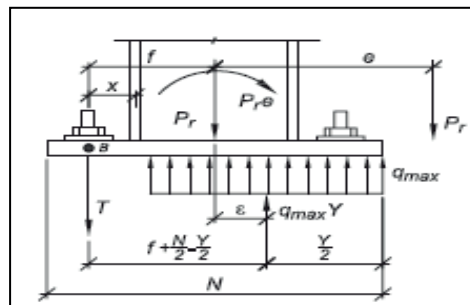
*Nota:* El programa ANCHOR DESIGN contempla el diseño de los anclajes para el caso II (considerando una combinación de carga axial con excentricidad).

Cuando  $e > e_{crit}$

Para éstas excentricidades, es decir cuando la excentricidad equivalente es mayor a la excentricidad crítica, es necesario usar la resistencia a tensión de los pernos o varillas de anclaje, es decir cuando la magnitud del momento de flexión es grande en relación a la carga axial de la columna, los pernos o varillas de anclaje están obligadas a conectar la placa base a la base de hormigón para que la base no se voltee, ni falle el hormigón en la distribución de compresión de esfuerzos, como se muestra en la “Figura 4”.

#### Figura 4

*Distribución uniforme de cargas axiales y momento flector con excentricidades grandes.*



**Fuente:** Guía de Diseño AISC (2006)

*Nota:* El programa ANCHOR DESIGN contempla el diseño de los anclajes para el caso II (considerando una combinación de carga axial con excentricidad mayor a la crítica).

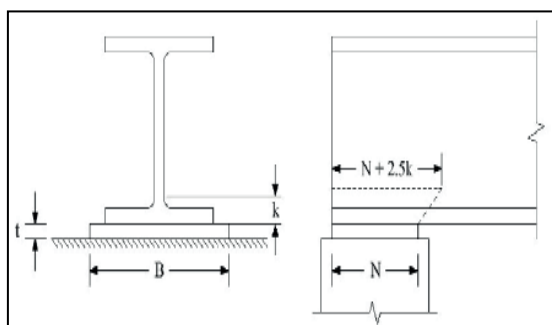
**Placas de soporte.-** Las placas de soporte son elementos de transición que son necesarios cuando los extremos de la viga de acero se apoyan directamente sobre el hormigón y distribuyen los esfuerzos o reacciones de la viga. Días, L. (2006) menciona que la metodología de diseño de placas de soporte es parecida a las placas base, su principal diferencia es que el diseño de estas placas se realiza a



flexión en una sola dirección y se debe considerar la fluencia y el aplastamiento del alma de la viga a distancias críticas que se observan en la “Figura 5”.

### Figura 5

*Longitudes críticas de una placa de soporte*



**Fuente:** Guía de Diseño AISC (2006)

*Nota:* El programa ANCHOR DESIGN contempla el diseño de los anclajes para vigas metálicas.

A partir de lo anterior, es necesario conocer los estados de falla que pueden ocurrir en cada elemento, tales como: Fluencia por tensión, Fractura por tensión, Fluencia por cortante, Fractura por cortante, Bloque de Cortante, Aplastamiento del elemento, Cortante en el perno, etc, los mismos que son aplicados de acuerdo a las Normas (ANSI/AISC 358-16, 2016), (ANSI/AISC 341-16, 2016), (ANSI/AISC 360-16, 2016) y que son considerados en la programación interna del software.

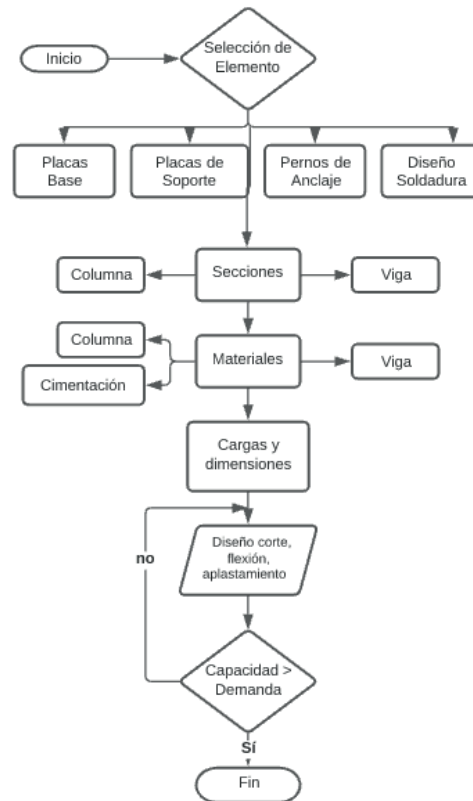
El software ANCHOR DESIGN presenta una interfaz gráfica interactiva dentro de sus ventanas, con la cual el usuario puede seguir paso a paso cada uno de los cálculos realizados para el diseño de conexiones y así verificar los resultados presentados. En particular, el usuario debe seleccionar y especificar los elementos requeridos (elemento requerido, perfiles, cargas, propiedades geométricas, materiales).

El procedimiento realizado se puede observar en el flujograma de la interfaz gráfica la cual es similar para todos los anclajes de acuerdo con la normativa (ANSI/AISC 358-16, 2016) como se muestra en la Figura 6 que fue programada utilizando en gran parte programación basada en objetos. El software desarrollado se puede utilizar en cualquier computador con procesador mínimo de 1.0 GHz y una memoria superior a 1.0 GB para su correcto funcionamiento.



**Figura 6**

*Diagrama de flujo para el diseño de los elementos complementarios.*



*Nota:* Diagrama de flujo que utiliza el programa ANCHOR DESIGN para el diseño de anclajes de columnas y vigas metálicas basado en una programación orientada a objetos.

ANCHOR DESIGN cuenta con un menú de conexiones con ejemplos manuales de 3 tipos de conexiones, normas AISC y un manual de usuario en el que se explica el manejo del software. En la Figura 5 se observa la interfaz del menú principal del software.

Todas las ventanas que componen el programa ANCHOR DESIGN contienen un código base que contiene todas las variables globales del sistema que permiten el paso de información de una interfaz gráfica a otra y el orden de ejecución del mismo programa. Posterior a la interfaz principal el programa requiere especificar el tipo de material del perfil de la conexión con el fin de establecer la norma de diseño Norma AISC (Perfiles Laminados en Caliente) o Norma AISI (Perfiles Laminados en Frío) y

se especificará el elemento a diseñar como se muestra en la Figura 7 y el tipo de flexión al cual va a estar sometida Uniaxial o Biaxial.

## Figura 7

*Interfaz del menú principal de ANCHOR DESIGN.*



Una vez seleccionada las especificaciones generales, el programa da la opción de escoger el tipo de elemento complementario a diseñar (placa base, placa de soporte, pernos de anclaje, soldadura), sin embargo, es posible realizar todo el análisis completo de todos los elementos como se muestra en la Figura 8.

## Figura 8

*Interfaz del menú principal de ANCHOR DESIGN.*



En cuanto a la estructura del software, el ingreso de datos está programado de tal manera que el usuario tenga la facilidad de ver por categorías los datos necesarios

empezando por resistencias requeridas, características geométricas y materiales. Además, ANCHOR DESIGN muestra una interfaz gráfica para la visualización de errores, consulta de normas, elementos complementarios (manual de usuario, calculadora) y exportación de la tabla de resultados como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9**

*Interfaz gráfica para el ingreso de datos*

**Diseño Placa Base**

**Resistencia Requerida [Ton]**

	Axial	Corte	Momento
D =	50	0	0
L =	5	0	0
Ex =	3	0	0
Ey =	3	0	0

**Características de la Columna**

Tipo de Sección: 1  
Forma de Sección: LAMINADA  
dh [cm] = 32.250  
kTf [cm] = 3  
bf [cm] = 30.900  
tw [cm] = 2

**Características del Acero**

Tipo de Acero: A36  
Fy [kg/cm<sup>2</sup>] = 2531.16  
Fu [kg/cm<sup>2</sup>] = 4100  
E [kg/cm<sup>2</sup>] = 2043000

**Características del Hormigón**

F'c [kg/cm<sup>2</sup>] = 211

Relación entre cimentación y placa base = 1  
Distribución de Esfuerzos: UNIFORME

Retroceder Continuar Salir

## Resultados

Con la finalidad de validar los procedimientos de cálculo y asegurar la precisión de los resultados presentados por ANCHOR DESIGN, se comparan con ejemplos realizados de forma manual y en comparación con otros autores, referente a diseños de placas base, placas de soporte, pernos de anclaje y soldadura y se comparan con los valores proporcionados por el software con el fin de ver la diferencia de cálculo.

### **Placas Base**

Para la comprobación del análisis se verifica con un análisis desarrollado de la siguiente manera, el cual es extraído del (AISC Seismic Design Manual, 2006), en el cual se desea diseñar la placa base considerando distribución uniforme de esfuerzos y momentos. El material de la cimentación es un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> y los perfiles con un acero de fluencia de 2531 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 1**

*Datos de diseño para la placa base.*

Cargas	Especificaciones de los materiales y secciones	
$P_D = 45,36 \text{ Ton}$	<b>MATERIALES</b>	<b>SECCION COLUMNA</b>
$P_L = 72,57 \text{ Ton}$	$F_y = 2,53 \text{ Ton/cm}^2$	$b_f = 30.988 \text{ cm}$
$M_D = 2.500 \text{ Ton} - \text{cm}$	$f'c = 0,21 \text{ Ton/cm}^2$	$d = 32.258 \text{ cm}$
$M_L = 30.00 \text{ Ton} - \text{cm}$		

Una vez seleccionada el elemento complementario Placa Base, se muestra la interfaz gráfica de Datos como se muestra en la Figura 10, presenta las opciones que permiten al usuario ingresar los datos requeridos para la columna y cimentación como: perfiles, cargas, propiedades geométricas y materiales. Una vez ingresados los datos, se presiona el botón *Continuar*, y automáticamente el programa hace la iteración de cálculo.

**Figura 10**

*Interfaz para el ingreso de datos y revisión de los límites de precalificación.*



Una vez que todas las verificaciones sean satisfactorias se procede a presionar el botón *Continuar* la misma que nos lleva a nuestra última interfaz donde se puede visualizar una tabla de resumen con todos los valores ingresados y calculados por el programa como son resistencias, características geométricas de la placa base y de la cimentación (Figura 11). La iteración del programa la realiza con la consideración de incorporar o no atiesadores, los cuales sirven para disminuir el

espesor de la placa. Esta consideración permite al usuario considerar el criterio ingenieril para escoger la mejor opción de acuerdo al costo del proyecto.

**Figura 11**

*Interfaz de resumen de la conexión.*

**RESULTADOS PLACA BASE**

Resistencia Requerida [Ton]		Resistencia Disponible [Ton]	
Método LRFD	Método ASD	Método LRFD	Método ASD
Pu = 170.544	Pa = 117.93	Pu = 34.47	Pa = 54.92
Vu = 0	Va = 0		122.4
Mu = 78	Ma = 55	76.63	

Dimensiones de la Placa Base	
Método LRFD	Método ASD
N [cm] = 88	98
B [cm] = 87	97
Con Atiesadores	
t [cm] = 7.78	9.82
Sin Atiesadores	
t [cm] = 11.6	14.66

Dimensiones de la Cimentación	
Método LRFD	Método ASD
N2 [cm] = 88	98
B2 [cm] = 87	97

Diagrama de la placa base y cimentación con dimensiones N, B, N2, B2 y t.

Botones: Retroceder, Salir

Los resultados obtenidos con el software ANCHOR DESIGN se compararon con el ejemplo extraído del AISC Seismic Design Manual (Fisher & Kloiber, 2006), La diferencia porcentual se calculó mediante la siguiente ecuación (Estuardo Son, 2018).:

$$Diferencia \% = \left( \frac{ANCHOR DESIGN}{OTROS RESULTADOS} - 1 \right) \times 100\% \quad (1)$$

A continuación, se muestra una tabla comparativa de resultados donde puede ver la diferencia porcentual entre ellos:

**Tabla 2***Comparación de resultados conexión RBS.*

<b>Descripción</b>	<b>Guía de Diseño AISC</b>	<b>Software</b>	<b>Unidades</b>	<b>Diferencia</b>
Carga Axial de Diseño (Pu, LRFD)	170,540	170,54	Ton	0,00%
Carga Axial de Diseño (Pu, ASD)	117,93	117,93	Ton	0,00%
Momento Flector de Diseño (Mu, LRFD)	7.800	7.800	Ton-cm	0,00%
Momento Flector de Diseño (Mu, ASD)	5.500	5.500	Ton-cm	0,00%
Largo placa base (N, LRFD)	88,00	88,00	cm	0,01%
Largo placa base (N, ASD)	98,00	98,00	cm	0,00%
Ancho placa base (B, LRFD)	87,00	87,00	cm	0,01%
Ancho placa base (B, ASD)	97,00	97,00	cm	0,003%
Espesor de la placa base con atiesador (tca, LRFD)	-	7,78	cm	0,00%
Espesor de la placa base con atiesador (tca, ASD)	-	9,82	cm	0,00%
Espesor de la placa base sin atiesador (tsna, LRFD)	11,60	11,60	cm	0,00%
Espesor de la placa base sin atiesador (tsna, ASD)	14,66	14,66	cm	0,00%
Tiempo de análisis	3 – 15 min	0,02 min		<b>99,33%</b>

Como se pudo apreciar en el caso anterior, la forma de diseñar en ANCHOR DESIGN es fácil e intuitivo y lo principal es que en las tablas comparativas de resultados se puede ver la diferencia porcentual entre ellos, en la cual la mayor diferencia se puede ver en el tiempo de análisis lo cual nos demuestra que con el software se puede ahorrar bastante tiempo de cálculo, además que nos da resultados adicionales como la incorporación del espesor con atiesadores y la resistencia disponible o capacidad a la que llega la placa base con éstos elementos.

### **Placas de Soporte**

Los datos obtenidos para el diseño son para el anclaje de una viga tipo IPE-360 acero A36. Se escogieron estos perfiles puesto que son de fácil acceso en nuestro medio además que estos perfiles son de alta ductilidad. A continuación, se presenta la tabla comparativa de los resultados obtenidos por el diseño manual con un



ejemplo de la Guía de Diseño AISC, 2006, así como también los obtenidos por el programa ANCHOR DESIGN.

**Tabla 3**

*Comparación de resultados placas de soporte*

Descripción	Guía de Diseño AISC	Software	Unidades	Diferencia
Carga axial de diseño (Pu, LRFD)	81,30	81,30	Ton	0,00%
Carga axial de diseño (Pu, ASD)	64,43	64,42	Ton	0,004%
Capacidad axial (Pu, LRFD)	8.210	82,10	Ton-cm	0,00%
Capacidad axial (Pu, ASD)	7.115	7.112	Ton-cm	0,06%
Largo placa de soporte (N, LRFD)	24,00	24,00	cm	0,01%
Largo placa de soporte (N, ASD)	25,00	25,00	cm	0,00%
Ancho placa de soporte (B, LRFD)	30,00	30,00	cm	0,01%
Ancho placa de soporte (B, ASD)	36,00	36,00	cm	0,003%
Espesor de la placa de soporte (t, LRFD)	4,05	4,07	cm	0,02%
Espesor de la placa de soporte (t, ASD)	3,97	3,99	cm	0,02%
Tiempo de análisis	1 – 5 min	0,01	min	<b>99,33%</b>

***Pernos de Anclaje***

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos por el diseño manual, así como también los obtenidos por ANCHOR DESIGN para el cálculo de la medida y cantidad de pernos de anclaje para una columna W10x45, con la finalidad de realizar una comparativa entre las mismas.



**Tabla 4***Comparación de resultados para pernos de anclaje*

Descripción	Guía de		Unidades	Diferencia
	Diseño	Software		
Carga axial de diseño (Pu, LRFD)	15,20	15,20	Ton	0,00%
Carga axial de diseño (Pu, ASD)	12,00	12,00	Ton	0,00%
Corte de diseño (Vu, LRFD)	10,80	10,80	Ton	0,00%
Corte de diseño (Vu, ASD)	8,00	8,00	Ton	0,00%
Momento flector de diseño (Mu, LRFD)	1.240	1.240	Ton-cm	0,00%
Momento flector de diseño (Mu, ASD)	900	900	Ton-cm	0,00%
Diámetro ( $\phi$ )	4,85	4,85	cm	0,00%
Número de pernos (Nreq)	4	4	-	0,00%
Separación de pernos (s)	3,16	3,18	cm	0,00%
Penetración del perno (H)	15,00	15,00	cm	0,00%
Pretensión mínima del perno ( $\sigma$ )	12,70	12,70	Ton	0,00%
Juntas Apernadas: Dimensión del agujero (d)	2,00	2,06	cm	0,02%
Juntas Soldadas: Dimensión del agujero parte superior (dsup)	3,22	3,21	cm	0,02%
Juntas Soldadas: Dimensión del agujero parte inferior (dinf)	2,06	2,06	cm	0,00%
Tiempo de análisis	3 – 7 min	0,06 min		<b>99,71%</b>

## Discusión

De acuerdo con la hipótesis previamente establecida en esta investigación se corrobora que al utilizar un software computacional de cálculo se logra una reducción de tiempo empleado en el análisis y diseño de elementos de anclaje y con ello también se evitan errores de cálculo y facilita las iteraciones automáticamente.

Los porcentajes de diferencia con los ejercicios desarrollados manualmente extraídos del AISC Seismic Design Manual son mínimos y se dan principalmente por la aproximación en números decimales y por el rango de iteración que se realiza, sin embargo, estas diferencias son prácticamente mínimas por lo que se puede

Cuando se utilizan pernos de agujero de ranura es necesario tomar en cuenta si la fuerza de aplastamiento es paralela o perpendicular.

El diseño de pernos de anclaje es un proceso de iteración con el mínimo número de pernos de 4, en el que si no se cumple alguna condición se debe aumentar el diámetro del perno de anclaje al inmediato superior.

Por último, es verificable que éste software libre logra una reducción de tiempo empleado en el análisis y diseño de conexiones precalificadas a momento y evitan una posibilidad de error de cálculo manual que puede ocurrir debido a diferentes factores humanos.

## Bibliografía

AISC. (2010). *Seismic Design Manual*. Chicago: American Institute of Steel Construction.

ANSI/AISC 341-16. (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago.

ANSI/AISC 358-16. (2016). *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*. En American Institute of Steel Construction. Chicago.

ASCE 7-16. (2016). *Chapter 12: Seismic design requirements for building structures*. En Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (págs. 90-92). Virginia: American Society of Civil Engineers.

Alcocer, S. (2003). *Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado con uniones de elementos*, Centro Nacional de Prevención de Desastres e Instituto de Ingeniería, México: Ciudad de México.

Bermúdez, C. (2005). *Curso básico de estructuras metálicas*, 1era.Edición, Universidad Nacional de Colombia, Colombia: Manizales.

Brokenbrough, R.L., y Merrit, F.S. (1997). *Manual de diseño de estructuras de acero*, 2da.Edición, McGraw-Hill, Colombia: Bogotá.

Bruneau, M., Uang, C.-M., & Sabelli, R. (2011). *Ductile Design of Steel Structures*. New York: McGraw-Hill.

Cabrera, E.M., y Suquillo, B.J. (2013). Tesis previa a la obtención de título de Ingeniera Civil: *Implementación de una herramienta computacional para el cálculo de anclajes para vigas y columnas metálicas utilizando una aplicación del programa Matlab*, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Quito.

- Días, L. (2006). *Estructuras de acero: conceptos, técnicas y lenguaje*, 1era. Edición, Zigurat, Chile: Santiago de Chile.
- Drake, R., y Elkin S. (1999). *Beam-Column Base Plate Design LRF Method*, Engineering Journal Vol.36, N°1, American Institute of Steel Construction AISC, Chicago.
- FEMA 350. (Junio de 2000). *Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. En Federal Emergency Management Agency. California.
- Fisher, J., y Kloiber, A., (2006). *Steel Design Guide: Base plate and anchor rod design*, Second Edition, American Institute of Steel Construction AISC, Estados Unidos de América.
- Núñez E., y Herrera R., (2017). *Investigación en Acero: Desarrollo de Conexiones a Momento en Chile*, Acero Sustentable - Noticias, Instituto Chileno del Acero (ICHA), Chile
- NEC-SE-AC. (2014). *Estructuras de Acero. En Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Orozco L.D., Tesis previo a la obtención de título de Ingeniero Civil: *Programa para el diseño y revisión de placas base y anclas para columnas de acero*, 2009, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
- Silvia, G. (2007). Tesis previa a la obtención de título de Ingeniera Civil: *Programa para el diseño de columnas compuestas sujetas a flexo-compresión biaxial por los métodos: LRFD, ACI y EUROCÓDIGOS 3*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Quito.