



SISTEMA INTEGRAL DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDA MÓDULO I

**Octavio Hinojoza Gabriel¹, José Álvaro Pérez Gómez², Juan Manuel Martínez Herrera² y
Alex Zenil Escamilla²**

RESUMEN

Se presenta el primer módulo de un sistema de cómputo llamado GEO-SIDE, que facilita el proceso de diseño estructural de losas y vigas de concreto reforzado de edificaciones de vivienda, basado en el procedimiento de cálculo y diseño que la empresa Casas-Geo ha desarrollado a lo largo de varios años. Se describe el funcionamiento del programa indicando implícitamente como se integran, en un solo paso, las actividades repetitivas del diseño, ayudando con esto a la optimización de los armados de la estructura. Se incluye un ejemplo del diseño de una losa de cimentación y se mencionan las ventajas y beneficios del programa.

ABSTRACT

In the present paper software to do the structural design of reinforcement concrete slabs and beams is presented, GEO-SIDE (Complementing System to Structural Design). This project was developed by a private company that has achieved a large of experience in the structural design, reason that permit them to innovate in this area. How the program works and integrated into a single step, repetitive activities design, with this helping to optimize the structure armed is presented. An example of the design of a foundation slab is shown and a discussion of advantages and benefits is presented.

INTRODUCCIÓN

El único medio para mantenerse exitoso es el de mejorar continuamente la manera de realizar las cosas y superando las propias metas y logros obtenidos. El mundo cambia a diario y las necesidades de nuestro país son cada vez más exigentes. Como profesionales de la ingeniería estamos convirtiéndonos en una sociedad global más inteligente y competitiva, en la cual si no se mejora la calidad de los productos o servicios así como la productividad, podemos quedarnos rezagados muy rápidamente. (Ponce, 2011)

En el caso de las empresas el mejoramiento continuo de sus procesos impacta directamente en la reducción continua de los costos de los mismos. Por lo anterior, las empresas (micro, pequeñas, medianas y grandes) se ven en la necesidad de realizar mejoras en sus diferentes procesos, para que éstos se lleven a cabo en un menor tiempo y con una mayor calidad. Actualmente, con ayuda de la tecnología, es posible optimizar muchos de los procesos de trabajo mediante herramientas computacionales que permiten a su personal desarrollar sus labores con menos errores y de forma más rápida y sencilla.

En este sentido, y como parte de su mejoramiento interno, Casas Geo invirtió en el desarrollo de un programa para optimizar el proceso del diseño estructural de los prototipos de vivienda, de tal forma que sus ingenieros no inviertan demasiado tiempo en las tareas repetitivas propias de esta actividad y se enfoquen más en la optimización y desarrollo rápido del diseño estructural.

Con este objetivo se desarrolló e implementó, dentro de la empresa, la primera etapa de GEO-SIDE (Sistema Integral de Diseño Estructural) modulo Vigas y losas. Este software es una herramienta para el diseño de los

¹ Desarrollo de Software México, Correo: director@dds-mexico.com.mx

² CASAS GEO (Corporativo) Margaritas #433 Ex Hacienda de Guadalupe Chimalistac, D.F., C.P. 01050 México, Tel: 5480-5000 ext. 5106, 5522, y 5257; japerez@casasgeo.com, jmartinez@casasgeo.com, azenile@casasgeo.com

sistemas de piso de los prototipos de vivienda; está basado en el procedimiento de cálculo y diseño que la empresa ha desarrollado a lo largo de varios años, incluyendo sus investigaciones realizadas en el área del diseño estructural así como la reglamentación vigente de nuestro país.

La importancia de un sistema de diseño de vivienda, como el que se presenta en este trabajo, es la optimización de los diseños de los elementos estructurales en un menor tiempo de trabajo lo que da la posibilidad, sin duda, de reducir el costo del proyecto. Aunado a esto, el programa facilita la revisión y supervisión de proyectos, conjunta los procesos de cálculos y protege los procedimientos de diseño de la empresa.

En este trabajo se presenta las características generales y la descripción del funcionamiento del sistema GEO-SIDE modulo I: Vigas y losas.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

GEO-SIDE utiliza los resultados del análisis estructural de un modelo de vivienda realizado en el programa comercial *Staad*. Los comandos que configuran al programa se agrupan en pestañas, las cuales guían al usuario en el proceso diseño.

El programa es eminentemente gráfico, almacena los resultados de los proyectos en archivos de extensión “.flex”, en los cuales se respalda toda la información de los diseños realizados. El programa toma los diferentes armados de una base de datos que puede incorporar nuevos elementos, según lo requiera la empresa, calculando de forma instantánea los elementos mecánicos resistentes de acuerdo a las propiedades de la sección y al armado seleccionado. Una característica adicional del programa es que proporciona una memoria de cálculo que incluye los datos de los diseños realizados.

GEO-SIDE es una aplicación de escritorio, funciona para los sistemas operativos Windows Xp, Vista y 7 para versiones de 32 y 64 bits. Su interfaz gráfica está compuesta por controles típicos de Windows. El programa está protegido con algoritmos de seguridad para evitar que se ejecute en equipos no autorizados por la empresa.

DATOS DE ENTRADA

GEO-SIDE funciona a partir de un modelo de prototipo de vivienda desarrollado y analizado en el programa comercial *Staad*; siendo ésta una de las características más importantes del programa.

La estructura se modela por medio de un modelo tridimensional de elementos barra, representando a los muros por medio de columnas anchas y a la losa de cimentación y a las de entrepiso por una retícula horizontal de elementos en dos direcciones ortogonales, el procedimiento de modelado y las características que debe guardar el modelo siguiendo este procedimiento se puede consultar en el trabajo de Martínez et al., 2008.

Este método permite modelar adecuadamente el sistema de piso y la posición de los muros del prototipo, ver figura 1a. El programa exige que el modelo esté contenido en un sólo cuadrante y que todos los elementos estén numerados ordenadamente y mantengan un orden en sus incidencias, estos requisitos pueden ser proporcionados y/o corregidos desde el mismo programa *Staad* aún y cuando el modelo se haya creado con anterioridad.

Una de las ventajas que tiene el programa, al vincularse al modelo de *Staad*, es que permite actualizar automáticamente los cambios que se realizan en el modelo, del tal forma que el programa vuelve a realizar el cálculo de cada uno de los diseños realizados en el proyecto, tomando el acero y los parámetros de diseño previamente establecidos, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y esfuerzo cada vez que hay un cambio en el modelo de la estructura.



GEO-SIDE se vincula al modelo de *Staad*, sin necesidad de tener instalado el propio programa comercial. Para obtener los elementos mecánicos de las barras en cuestión, es necesario que el modelo tenga el análisis ejecutado ya que en caso contrario sólo se podrán extraer los datos de geometría y material.

Para mostrar las diferentes secciones en que se divide el programa se tomo como ejemplo un prototipo de vivienda de tres niveles.

La altura de entrepiso es de 2.80 m y su planta es sensiblemente simétrica en ambas direcciones, sus dimensiones aproximadas son de 15 m de ancho por 17 m de largo. La estructura está compuesta por una losa de cimentación de 12 cm de espesor rigidizada por contratraveses de 20 x 35 cm y losas de entrepiso y azotea con un espesor de 10 cm, los muros son de concreto de 10 cm.

Se consideró un $C_s = 0.14$ ya que se ubica en la zona B suelo tipo I de la regionalización sísmica de la república mexicana de acuerdo con el Manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 1993).

El modelo fue analizado por el método de la columna ancha en el programa comercial *Staad Pro v8i*, ver figura 1b.

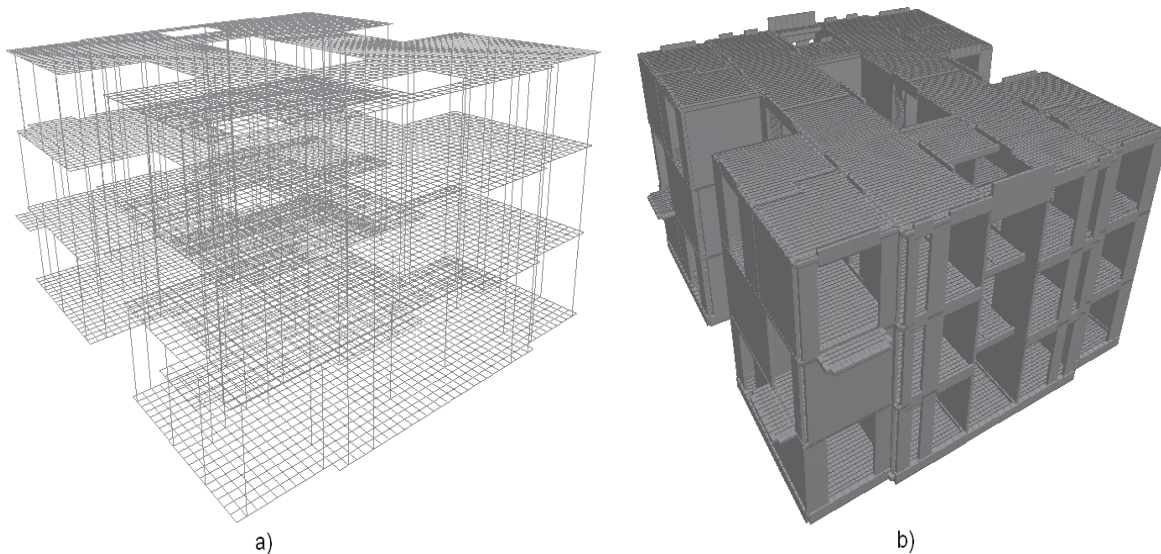


Figura 1 Modelo de vivienda de tres niveles a) Vista de barras, b) Vista Extruida

VISUALIZACIÓN Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS A DISEÑAR

Después de especificar el modelo de *Staad* a utilizar, GEO-SIDE hace la lectura de los datos necesarios (geometría, materiales, etc.) que se encuentren en dicho modelo para dibujar las plantas en pantalla. El programa filtra automáticamente las barras que se encuentran ubicadas en planos X-Z del modelo de *Staad* para obtener las plantas, cualquier elemento fuera de este plano no es tomado en cuenta por el programa.

La planta (losa reticulada formada por elementos barra) se dibuja con un color naranja mientras que para aquellos elementos que su módulo de elasticidad sea considerablemente alto se asume que son elementos rígidos y por lo tanto se dibujan con un rectángulo azul, ver figura 2. Esta opción ayuda a revisar de manera muy rápida y sencilla si las asignaciones de las zonas rígidas en el modelo son correctas.

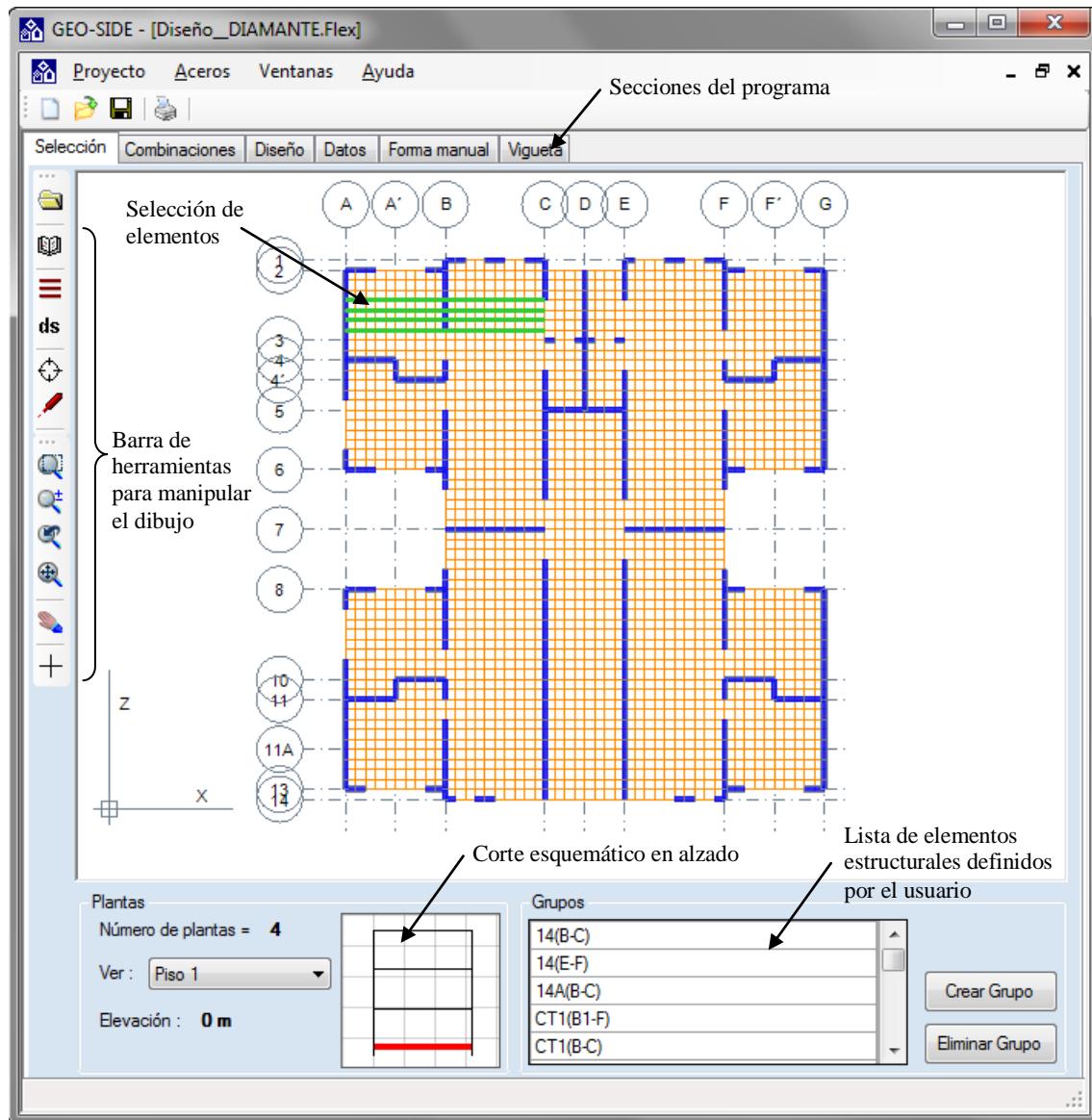


Figura 2 Visualización de las plantas en el programa

GEO-SIDE visualiza una planta a la vez; no obstante, se puede seleccionar cualquier planta del modelo que desee ver. Las plantas se dibujan tomando como punto de referencia el origen de coordenadas del modelo de *Staad*.

La finalidad de exponer las plantas del modelo en el programa, es seleccionar directamente de la pantalla los elementos estructurales que se desean diseñar ya sean vigas o franjas de losas. GEO-SIDE tiene la opción de seleccionar las barras en una misma dirección (horizontal o vertical), lo que facilita la selección de franjas de losa en una sola dirección. En la figura 2, se muestran las barras seleccionadas en color verde.

El programa también tiene la opción de agregar ejes de referencia sobre el dibujo de las plantas para tener una mayor claridad y ubicación de las zonas de la estructura, como se observa en la figura 2. Asimismo permite hacer movimientos de zoom y desplazamiento del dibujo de las plantas, de tal forma que la selección de elementos y visualización de las plantas es adecuada para cualquier tamaño de planta en el modelo.



Cabe mencionar que la adición de ejes o cualquier otra acción sobre las plantas no altera de ninguna manera el modelo de *Staad* al cual se vinculo el programa. GEO-SIDE, sólo hace lectura del modelo y no escribe sobre él.

Para el ejemplo se selecciono una franja de losa de cimentación y una contratabe nombradas FX2 y CT8 (B-F) respectivamente; estos nombre se asignan por parte del usuario y sirven sólo para identificar los elementos estructurales que se van a diseñar. En la figura 3 se pueden ver la ubicación de estos elementos en la planta de cimentación.

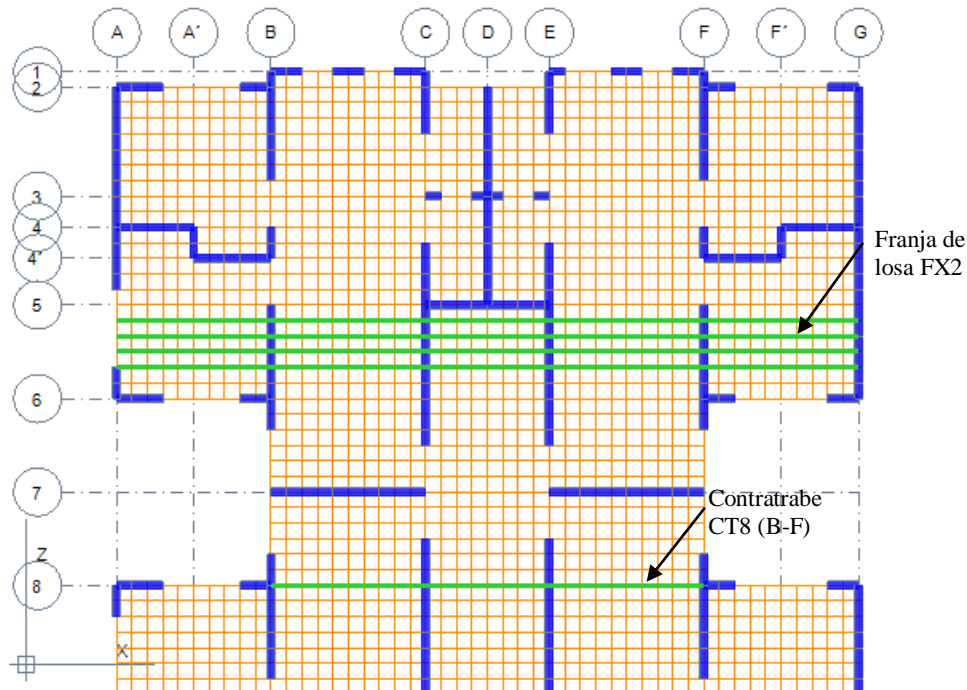


Figura 3 Selección de una franja y una Contratabe en pantalla

El usuario puede seleccionar tantos elementos estructurales como desee por cada planta del modelo, cada elemento se va almacenando en una lista de grupos y quedan guardados en la memoria del programa para ser utilizados en el momento que se desee.

En la figura 4 se muestra la lista de grupos que han sido definidos; esta lista se ubica en la parte inferior de la sección de “Selección” del programa (figura 2); al hacer clic sobre el nombre del grupo se podrá ver en pantalla los elementos barra seleccionados que lo componen.

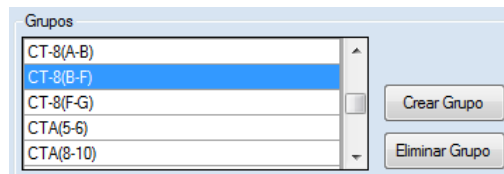


Figura 4 Lista de grupos almacenados en el programa

GEO-SIDE reconoce los grupos de barras que se hayan generado en el propio *Staad*, permitiendo al usuario utilizar los grupos definidos en su modelo sin necesidad de volverlos a crear. Desde GEO-SIDE se pueden crear y eliminar grupos de barras incluyendo los leídos desde el modelo, no obstante, los cambios hechos con el programa no repercuten de ninguna forma en la información del modelo.

ASIGNACIÓN DE CARGAS Y ENSAMBLADO DE ELEMENTOS

Debido a la modelación de la estructura, las losas y vigas están representadas por elementos barra de longitud de 20cm o 30 cm. En la figura 5 se muestra una sección de una franja de losa la cual se compone de varias barras (identificadas con un número) ligadas entre sí.

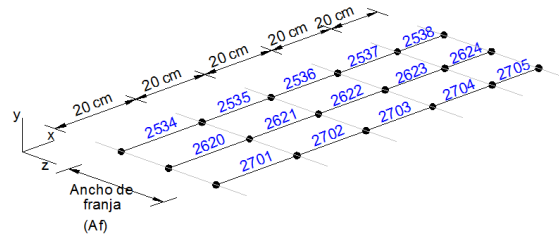


Figura 5 Elementos barra de una franja de losa

En esta parte del programa, GEO-SIDE obtiene, del modelo de *Staad*, los elementos mecánicos de cada una de las barras que componen a las losas y vigas. Posteriormente ensambla cada barra pequeña para tener una sola barra mayor que representa al elemento estructural en toda su longitud. Este proceso se realiza de forma automática en el programa y el usuario sólo debe especificar el estado de carga, o combinación de éstas, para las que desea obtener los elementos mecánicos (Cortantes, momentos y deflexiones) necesarios para el diseño.

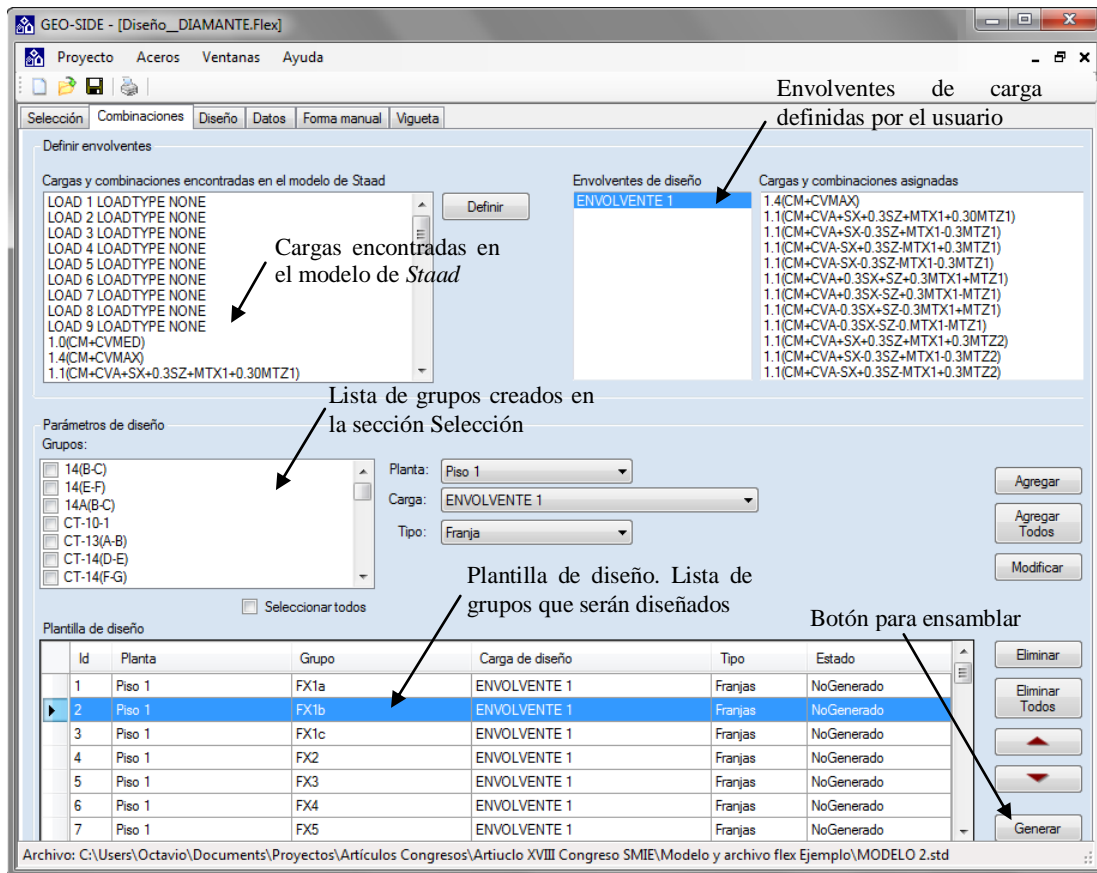


Figura 6 Pestaña para asignación de carga y ensamblado de elementos

GEO-SIDE es una herramienta que, mediante el empleo de una serie de algoritmos, realiza en un solo paso y de manera muy rápida el ensamble de los elementos mecánicos a partir de una configuración de barras cualesquiera que haya definido el usuario para su viga o losa.

En la figura 6 se muestra la sección del programa para realizar la asignación de cargas y el ensamble de los elementos mecánicos. En la parte superior izquierda de la ventana se encuentra la lista de cargas encontradas en el modelo, el usuario debe asignar una de estas cargas o bien la combinación de varias de ellas. En la parte superior derecha de esta ventana se ubican los controles para crear envolventes de cargas a partir de éstas; a diferencia del *Staad*, GEO-SIDE sí puede crear varias envolventes de cargas.

En la parte inferior de la ventana (figura 6) se encuentra la tabla que corresponde a la *plantilla de diseño* del programa, que es la lista de los elementos estructurales a los cuales se les ha asignado una carga. Para obtener el ensamble de los elementos mecánicos sólo es necesario hacer clic en el botón *Generar*, ubicado en la parte baja de la ventana. Es importante reiterar que para obtener los elementos mecánicos de cada barra es necesario que el modelo tenga el análisis ejecutado.

DISEÑO DE ELEMENTOS

Una vez que se han ensamblado los elementos mecánicos de cada viga o losa, se llega a esta parte del programa; la cual tiene como objetivo proporcionar las opciones para diseñar los elementos estructurales. GEO-SIDE permite diseñar las vigas y losas a todo lo largo del elemento, para esto se debe introducir los aceros de refuerzo respectivos definiendo las longitudes de cada refuerzo en los lechos superiores e inferiores de los elementos.

Para comenzar con el diseño, se solicita al programa que muestre en pantalla los elementos propios de la viga o losa correspondiente, como son las *gráficas de los elementos mecánicos y el cajón*; este último es donde se ubicarán los aceros de refuerzo.

En la figura 7 se visualizan las gráficas de los elementos mecánicos y el cajón del refuerzo correspondiente a la franja de ejemplo FX2. Las gráficas siempre se ubican en la parte superior del cajón, esto con la finalidad ir agregando el acero de refuerzo en las zonas dónde visualmente se requiere.

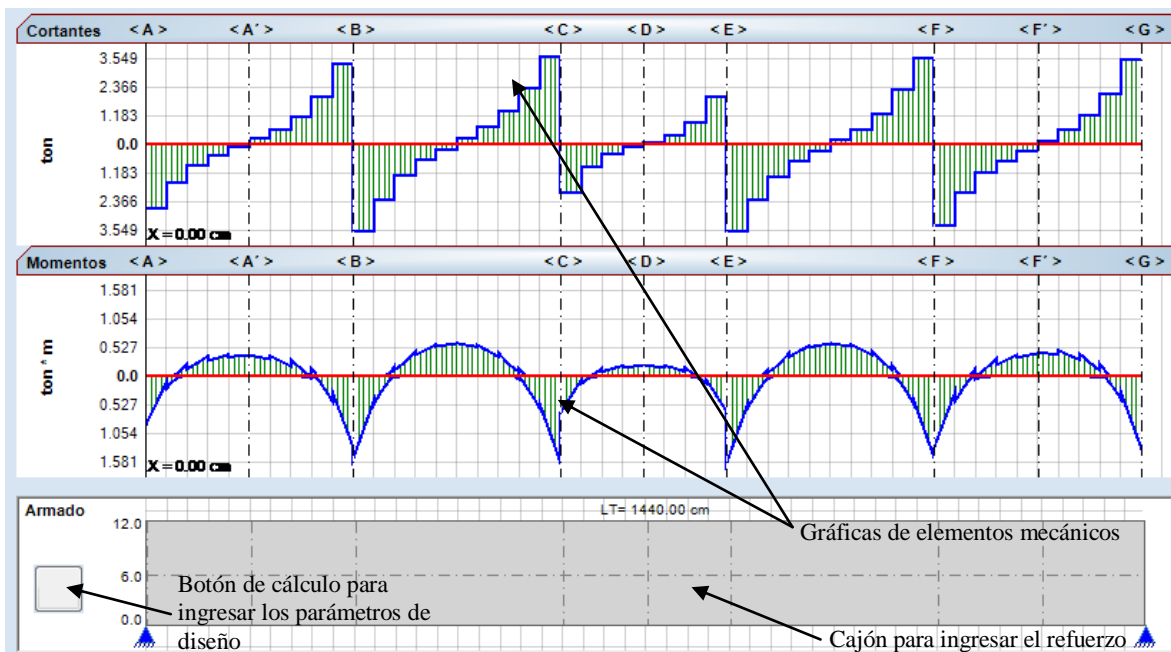


Figura 7 Gráficas de elementos mecánicos y cajón para la franja FX2

Tanto las gráficas como el cajón tienen características que le facilitan al usuario la revisión del diseño. Por ejemplo, en la parte superior de las gráficas se muestra el nombre del elemento mecánico al que se refiere y además se muestran los ejes por los cuales cruza el elemento estructural en planta. La cuadrícula de las gráficas está dada a una distancia personalizable por el usuario, lo que le permite ingresar el armado con mayor rapidez y precisión. En la parte superior del cajón se encuentra la longitud total del elemento. En ambos (gráficas y cajón) se incluye un menú secundario con opciones diversas para facilitar el diseño y visualización de resultados.

El programa proporciona las gráficas de *Cortantes*, *Momentos*, *Deflexiones*, *Cuantías mínimas y máximas* y en el caso de las vigas también se incluye la gráfica de la *Separación de estribos*.

De acuerdo a la experiencia del ingeniero, éste debe iniciar por colocar el refuerzo en las zonas del cajón donde sea necesario de acuerdo con los diagramas de elementos mecánicos; en este punto el programa ingresa el acero de forma gráfica directamente sobre el cajón. En el ejemplo de la franja de losa de cimentación (figura 7) se observa que se requiere de un acero de refuerzo a todo lo largo de lecho superior.

Para agregar el acero se debe habilitar el menú secundario del cajón del refuerzo (ver figura 8). Observe que para las franjas sólo es posible agregar aceros tipo Malla o Varilla. Se escoge la opción: *Agregar Malla* para abrir la ventana de la figura 9.

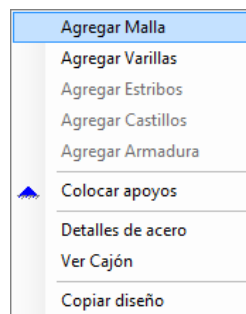


Figura 8 Menú secundario del cajón de refuerzo

En la ventana (figura 9) se selecciona una malla electrosoldada de la base de datos del programa, se indica el lecho y se especifica que se ubicará a todo lo largo del elemento. Al hacer clic en el botón *Aceptar* se dibujará en el cajón el acero de refuerzo especificado.

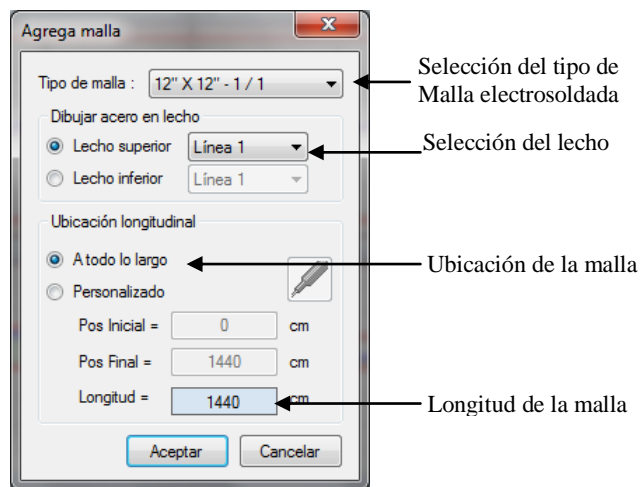


Figura 9 Parámetros del refuerzo tipo Malla

Antes de continuar agregando aceros al cajón de la franja, se puede verificar cuál es la contribución de la malla que se ha seleccionado. Para esto, se hace clic en el botón de cálculo ubicado en la parte izquierda del cajón de refuerzo (figura 7) para mostrar la siguiente ventana e ingresar los parámetros de diseño de la losa.

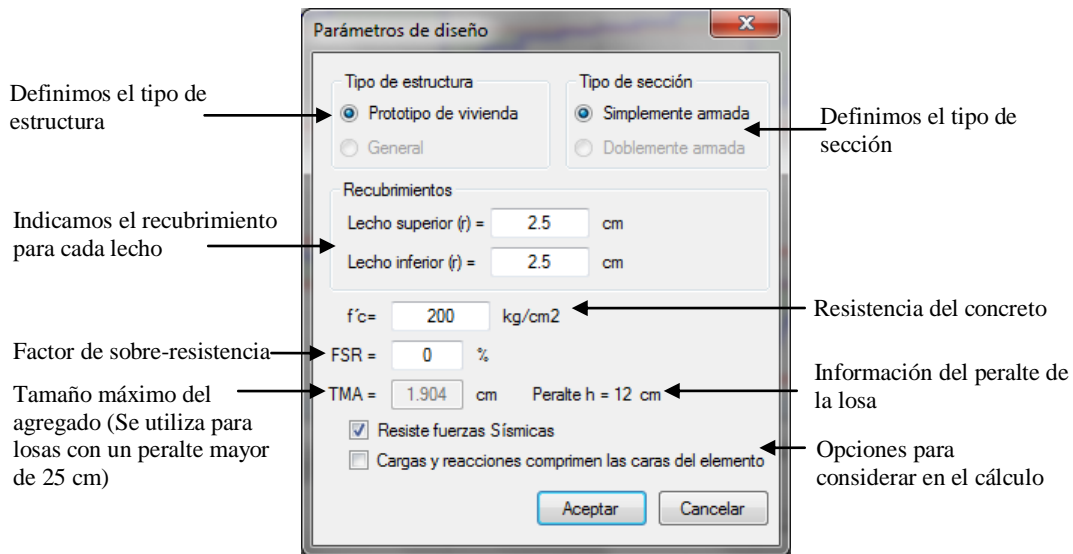


Figura 10 Parámetros de diseño para la franja FX2

A continuación, se hace clic en el botón *Aceptar* de la figura 10 para que GEO-SIDE realice el cálculo respectivo y muestre las gráficas de los elementos resistentes, ver figura 11.

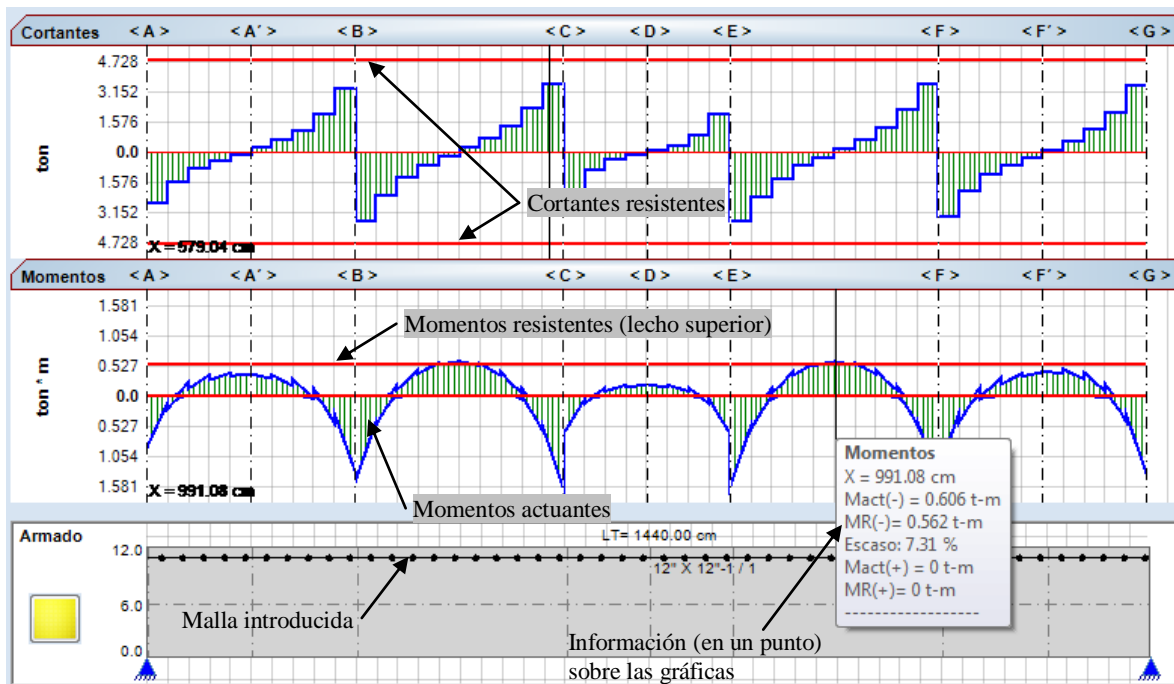


Figura 11 Gráficas de elementos mecánicos y cajón para la franja FX2

En la figura 11 se muestran las gráficas de elementos mecánicos actuantes y resistentes de la franja de ejemplo FX2 así como el cajón de refuerzo con el dibujo de la malla electrosoldada que se especificó.

Debido a que la malla se colocó a todo lo largo del lecho superior de la franja el momento resistente es constante y que en este caso no cubre por completo la demanda de momentos actuantes ya que en los tramos de los ejes “B-C” y “E-F” el momento actuante es mayor al resistente. GEO-SIDE tiene la opción de mostrar información en pantalla para cada gráfica en un determinado punto a lo largo del elemento. En este caso, la figura 11 muestra la información para un punto, donde se muestran los valores de los momentos actuantes, resistentes y el porcentaje de escases de cada lecho.

Dado que sólo son dos tramos del lecho superior los que requieren mayor momento resistente, se ingresará un par de bastones de varillas. Para ello, se habilita el menú secundario del cajón de refuerzo y seleccionamos la opción de *Agregar Varillas*, como se muestra en la figura 12.

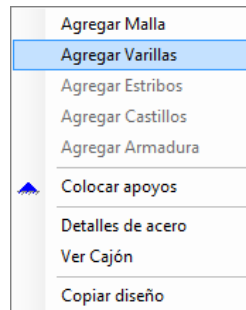


Figura 12 Menú secundario del cajón de refuerzo

Ahora se mostrará la ventana (figura 13) para introducir los parámetros de los bastones de varilla para el lecho superior.

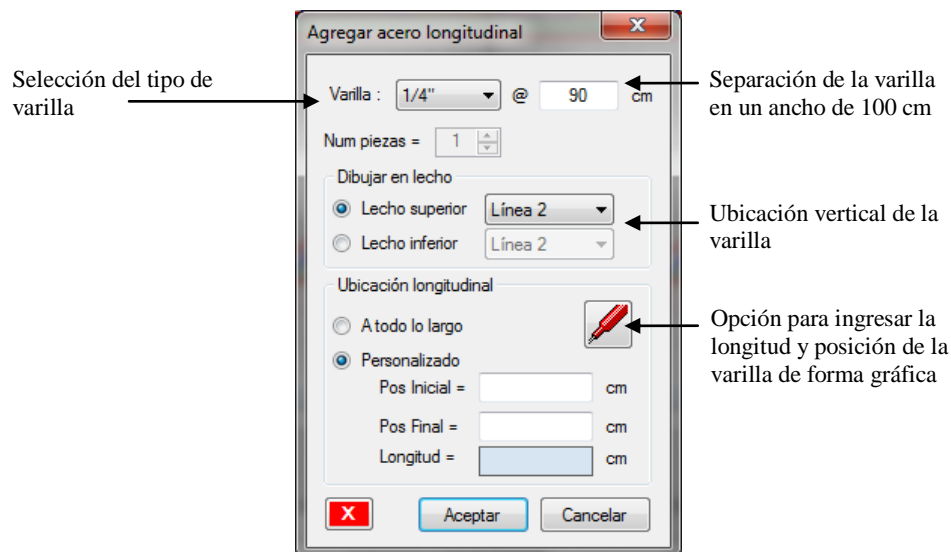


Figura 13 Parámetros del refuerzo tipo Varilla

Como en este caso se trata de la adición de bastones de refuerzo, se selecciona la opción para dibujar la varilla directamente en el cajón; de esta forma es mucho más sencillo agregar el acero. Para esto se hace clic en el botón (icono de la pluma) de la figura 13 y posteriormente el usuario dibujará su refuerzo en el cajón como se muestra en la figura 14. Observe que el cajón se ilumina de color verde para indicar que se está agregando acero en ese momento.

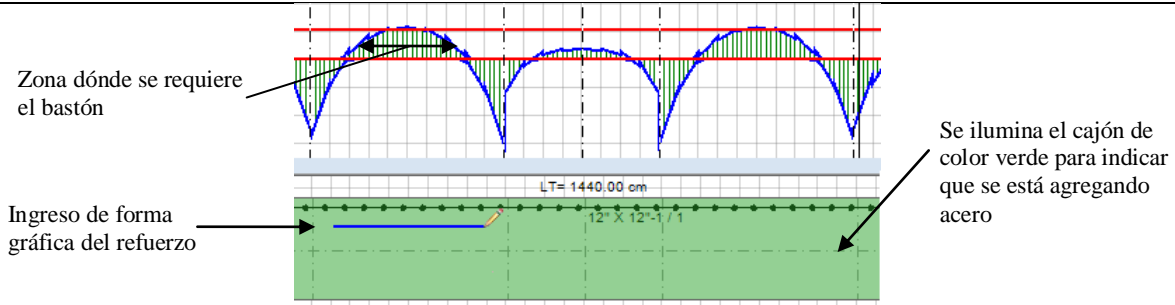


Figura 14 Ingreso gráficamente del acero de refuerzo en el cajón

Se repite el paso anterior para el otro tramo del lecho superior que necesitan bastón. Al terminar de colocar los aceros de refuerzo se solicita nuevamente al programa que realice el cálculo de la losa para su revisión. En la figura 15 se puede observar que la gráfica de momentos es satisfactoria para el lecho superior con la adición del par de bastones que se acaban de introducir.

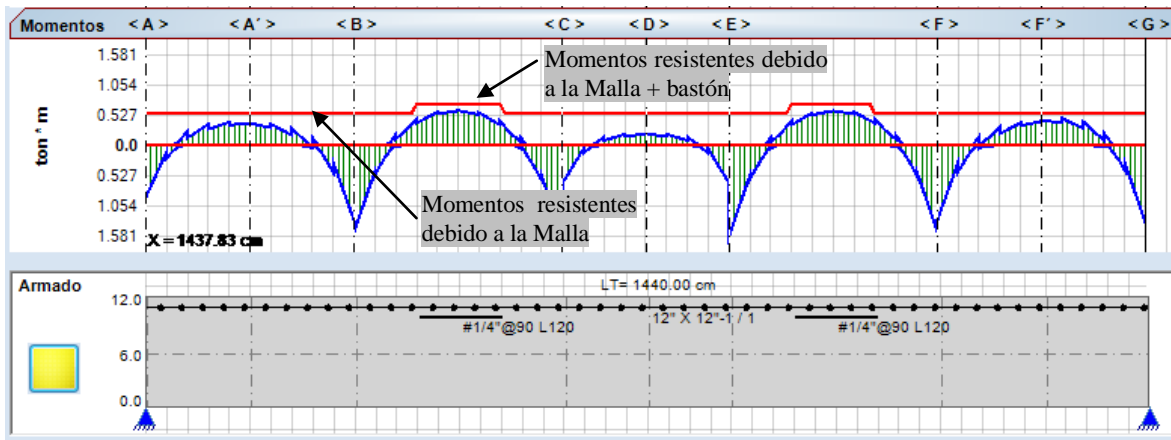


Figura 15 Gráfica de Momentos y refuerzo en lecho superior de la franja FX2

Para agregar el acero de refuerzo en el lecho inferior de la losa se repiten los pasos anteriores. En la figura 16 se ve el arreglo final de los refuerzos agregados al cajón. Observe como varían los momentos a lo largo del cajón dependiendo de la cantidad de acero que se encuentra en cada lecho de la losa.

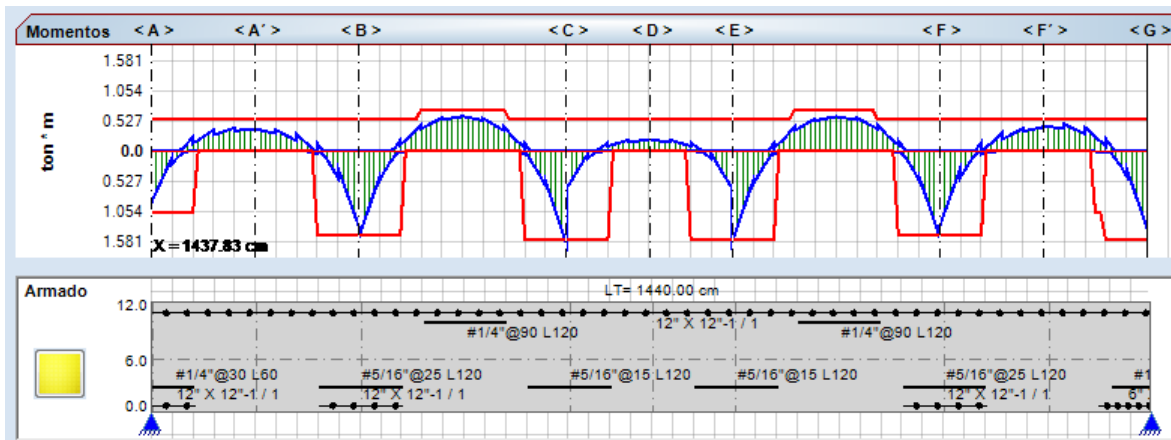


Figura 16 Gráfica de Momentos y refuerzo en ambos lechos de la franja FX2

GEO-SIDE hace el cálculo para toda la longitud del elemento estructural mediante la segmentación de planos transversales separados a cada 5 cm. El programa realiza para cada uno de estos planos el mismo cálculo y revisiones, dependiendo de si trata de una losa o viga.

En la figura 17 se muestra el ejemplo de la contratrabe CT8 (B-F). El refuerzo que se agregó a la contratrabe consta de un castillo electrosoldado (en toda la longitud del elemento) con bastones en ambos lechos y estribos extra en las zonas de los apoyos para resistir el cortante. Observe como varían los momentos y cortantes resistentes (figura 17) para el armado propuesto de la contratrabe.

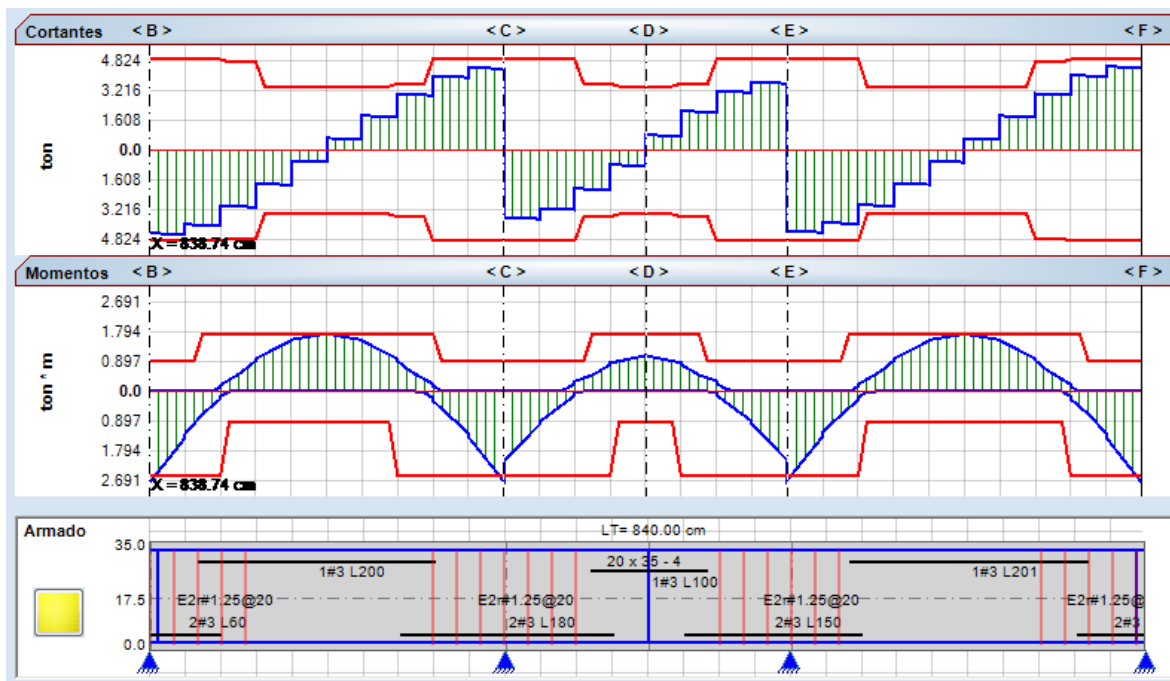


Figura 17 Ejemplo del diseño de la contratrabe CT8 (B-F)

Esta forma de ingresar el acero de refuerzo a los elementos estructurales y de presentar los resultados hace de GEO-SIDE una herramienta muy útil para la forma particular de diseñar de la empresa. En los ejemplos presentados se puede ver como el ingreso de los armados es relativamente rápido y sencillo; además el programa contiene una ventana de *Preliminares* (figura 18) para introducir aceros de refuerzo de forma grupal en zonas comunes de los elementos estructurales.

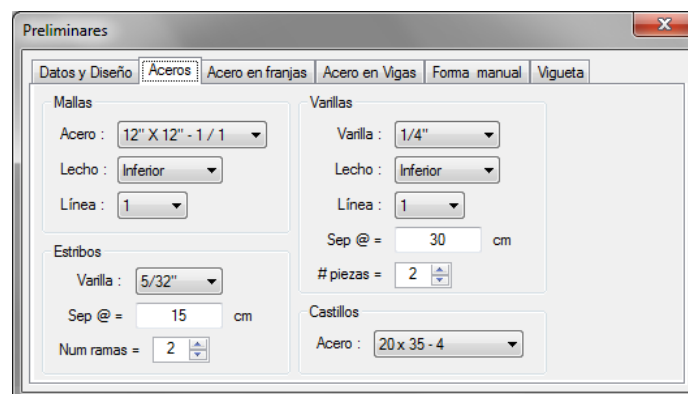


Figura 18 Ventana preliminares



GEO-SIDE no proporciona dimensiones o áreas de acero requeridas, así como tampoco parámetros de diseño mínimos. El programa sólo calcula y revisa que los elementos mecánicos actuantes estén dentro de los valores permisibles y resistentes calculados con las normas ya mencionadas. Para ayudar a estos fines, cada vez que el programa realiza el cálculo del elemento estructural muestra la ventana de revisión (figura 19) de los elementos mecánicos correspondientes.

Esta ventana (figura 19) indica al usuario rápidamente si su losa o viga cumplen con todos los requisitos para un diseño reglamentado. Para esto el programa revisa y compara los elementos mecánicos resistentes contra los actuantes en cada punto a lo largo del elemento estructural.

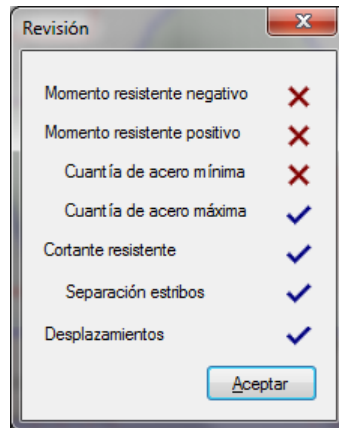


Figura 19 Ventana para la revisión del diseño

Es importante mencionar que la filosofía del programa es calcular y revisar la resistencia del elemento estructural tomando en cuenta las especificaciones de acero de refuerzo, geometría de la sección transversal y parámetros de diseño que se proporcionen. Dado esto, se considera que el proceso de diseño, en el programa, es iterativo pues el usuario debe hacer los ajustes necesarios, en los datos mencionados, hasta obtener un diseño adecuado según su criterio y las normas que se incluyen en el programa.

Además de las características del programa mostradas en los ejemplos, GEO-SIDE permite a los usuarios:

- Introducir datos manualmente, sin necesidad de un modelo de Staad
- Diseñar puntos aislados
- Diseñar viguetas
- Seleccionar y adicionar aceros a su base de datos
- Exportar los valores de los elementos mecánicos a un editor de texto (por ejemplo: Excel, Word, bloc de notas)
- Personalizar el área gráfica
- Exporta resumen de los armados contenidos en el elemento para facilitar la tarea de cuantificación
- Copiar los diseños realizados
- Consultar la ayuda para los temas relacionados
- Imprimir una memoria de cálculo con portada, datos de proyecto, descripción detallada, logotipos, etc.

MEMORIAS DE CÁLCULO

GEO-SIDE ofrece al usuario la generación de la memoria de cálculo con un formato ya establecido y anexa la información que requiera de su proyecto, como: plantas, ubicación de grupos de barras (vigas y franjas de losa), gráficas de elementos mecánicos de los diseños, el cajón con la configuración del acero de refuerzo y propiedades de los materiales, tablas con despiece del armado, así como también datos informativos del proyecto, portada, descripción detallada, resumen de impresión, fechas y logotipos.

La figura 20 muestra el ejemplo de una hoja típica de la memoria de cálculo generada por el programa. En la parte superior se imprime el encabezado, para cada hoja de la memoria, con los datos de proyectos requeridos para su identificación, así como la fecha y el logotipo de la empresa.

En la parte central de la hoja (figura 20) se encuentra la impresión de las gráficas de diseño y el cajón con los aceros de refuerzo correspondientes a una franja de losa; también podrá notar que se encuentran los parámetros de diseño que fueron utilizados.

En este caso, puede darse cuenta que el contenido de la hoja está en forma horizontal, esto con el objeto de aprovechar al máximo el espacio de impresión y mostrar con más detalle las gráficas de los elementos mecánicos.

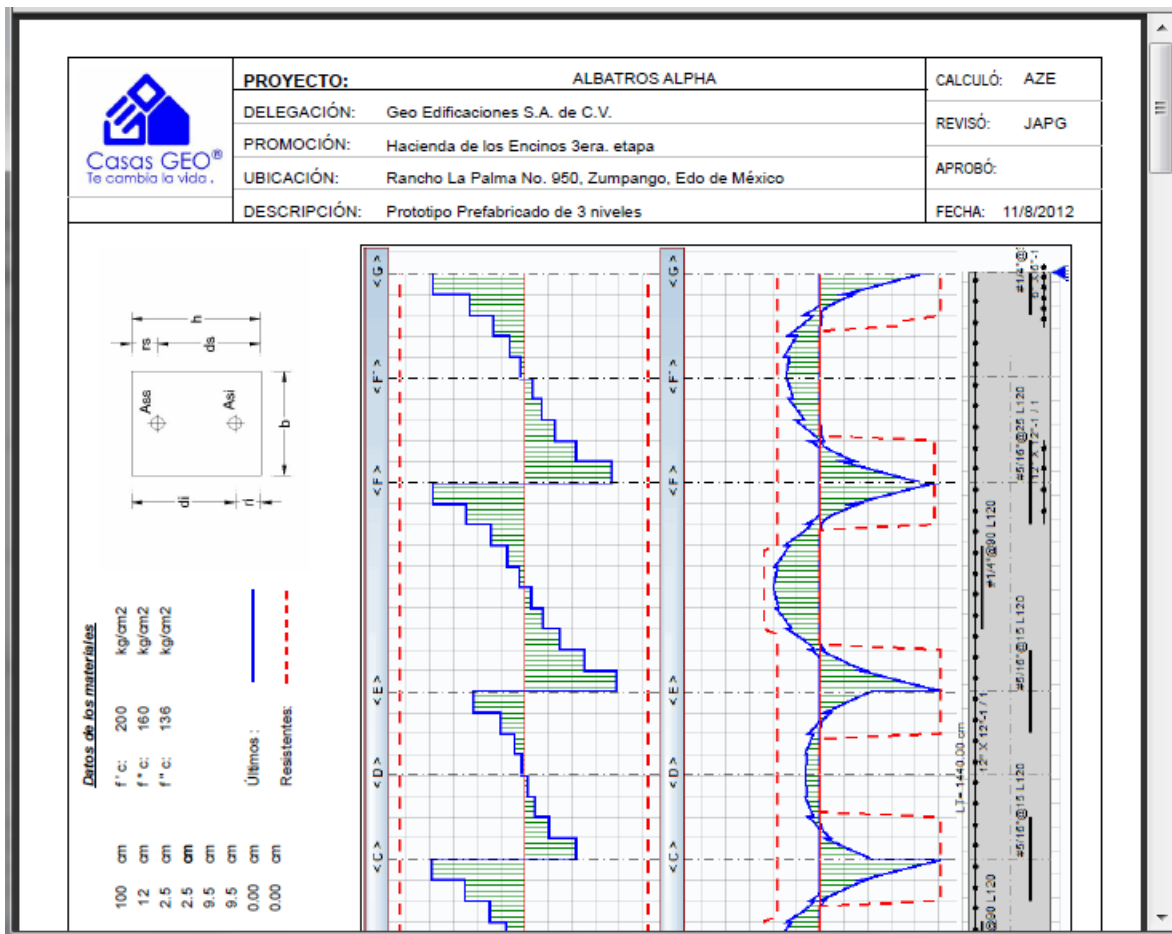


Figura 20 Hoja de impresión de los diseños

En la figura 21 se tiene una parte de la memoria de cálculo que muestra la tabla desglosada de los aceros de refuerzo que contiene la franja de ejemplo FX2. Esta hoja resulta de mucha utilidad al momento de cuantificar el acero de la losa, también cumple con la función de apoyar el dibujante al realizar el acomodo de los aceros en el plano estructural.

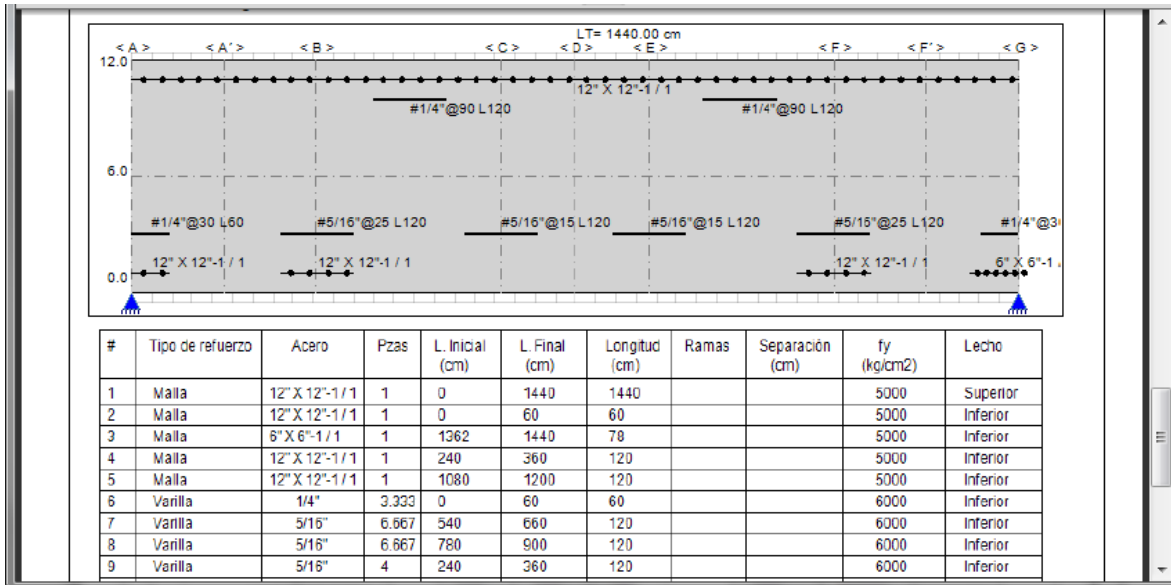


Figura 21 Hoja de impresión del cajón

GEO-SIDE va más allá en el tema de las memorias de cálculo, y está programado para crear memorias de cálculo detalladas (figura 22), en las cuáles se especifica paso a paso cómo se obtienen los resultados a partir de las formulas empleadas.

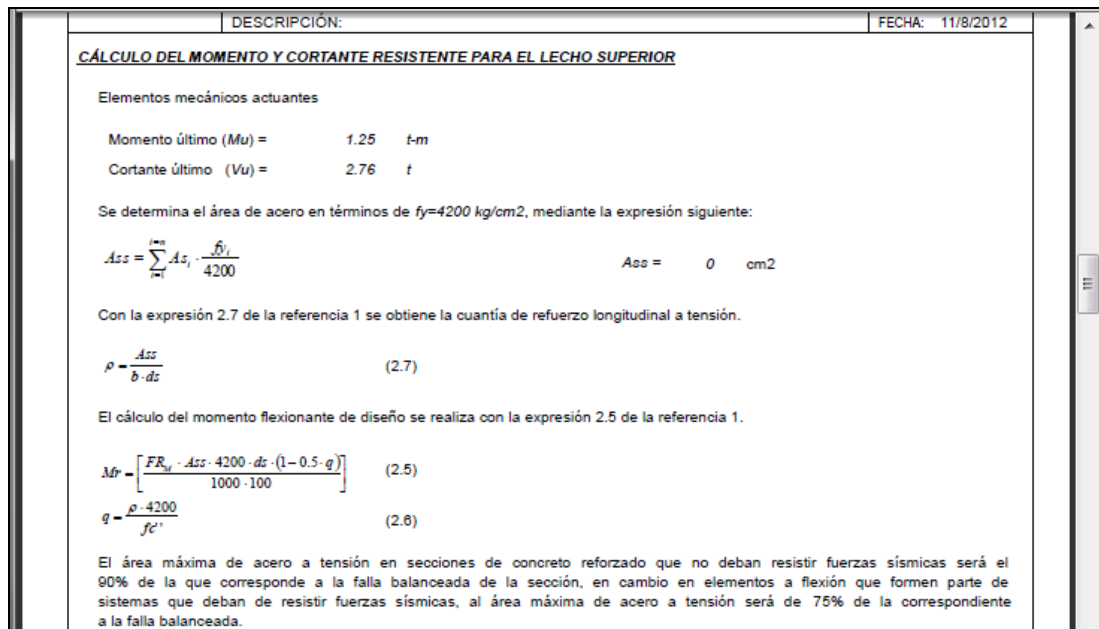


Figura 22 Hoja de impresión de forma detallada

BENEFICIOS Y VENTAJAS

Debido a sus características de interfaz gráfica y algoritmos de cálculo GEO-SIDE módulo I es una herramienta de gran utilidad para el ingeniero estructurista al momento de realizar el diseño de vigas y losas de los prototipos de vivienda.

El programa es de uso sencillo, utiliza el ambiente gráfico que ayuda al usuario a tener una visión de conjunto del comportamiento de los elementos estructurales que pretende diseñar. Además libera al usuario de todas las actividades repetitivas y tediosas, para que centre sus esfuerzos en la elección de los armados, tantas veces como sea necesario hasta lograr la mínima cantidad requerida.

Las características del sistema permiten obtener al usuario beneficios efectivos en:

- ✓ Disminuye en un 30 % el tiempo de desarrollo de los diseños.
- ✓ Evitar los errores en el proceso de diseño.
- ✓ Reducción del tiempo dedicado a la elaboración de memorias de cálculo en un 70 %
- ✓ Reducción de los tiempos de diseño, impactando directamente en el costo hora-hombre.

Con este sistema la empresa logró optimizar el proceso de diseño teniendo mayor control de desarrollo de sus diseños estructurales, además GEO-SIDE permitió unificar, encapsular y proteger su proceso de diseño, reduciendo de entrada el error humano en las tareas del diseño.

A través de este programa, el usuario ya no interactúa con demasiados programas para realizar el diseño, ya que el programa se vincula con el modelo de *Staad* para obtener de éste los datos necesarios para el diseño.

El diseño es la parte donde, con los datos del análisis y la habilidad del ingeniero se generan los ahorros en tiempo, materiales y dinero. Este proceso se ha logrado automatizar, incluyendo los materiales homologados y las Normas Corporativas y Reglamentación Nacional con el fin de facilitar al ingeniero el proceso de optimización.

CONCLUSIONES

GEO-SIDE nace como una iniciativa de la Gerencia Corporativa de Ingeniería Estructural de Casas Geo, para poder cumplir con las actividades de *Normar* el proceso de diseño en todas sus delegaciones; *controlar* y asegurar que los materiales homologados se utilicen en todos los diseños de forma optimizada; realizar el *seguimiento* de los proyectos estructurales a través de una herramienta *innovadora*, que agilice el proceso de diseño y cumpla con el *servicio* que la Gerencia Corporativa proporciona a sus Delegaciones de la empresa.

GEO-SIDE incorpora los criterios y la forma de trabajo que Casas Geo ha desarrollado a lo largo de más de 30 años de investigación y desarrollo en el sector de la vivienda en México. Convirtiéndose en una herramienta de aplicación exclusiva de la empresa.

El primer módulo del programa GEO-SIDE se ha desarrollado como una herramienta innovadora del área de diseño estructural, la cual presenta la ventaja de ahorro en los tiempos. En esta etapa inicial sólo se aplica al diseño de losas de cimentación, entrepiso y azotea; no obstante, actualmente se está trabajando en el desarrollo de los módulos siguientes. Se espera que para finales de este año, esté listo el módulo II que se enfocará al diseño de muros por los métodos optativos y diagrama de interacción. Se estima que la inclusión de los módulos faltantes logrará reducir el tiempo de diseño en aproximadamente un 50 %.

El programa no elimina el proceso de creación del modelo estructural, ni sustituye a los programas de análisis corporativos (como *Staad* o *Anem-gc*) GEO-SIDE simplifica y automatiza el proceso de diseño haciéndolo más transparente, preciso y eficiente.

Con GEO-SIDE se ha demostrado que implementar un sistema integral de diseño dentro de los procesos de una empresa es una inversión a mediano plazo que sin duda trae un beneficio positivo en tiempo y costo.

El sistema fue desarrollado por colaboradores externos, en conjunto con el personal de Ingeniería Estructural del Corporativo de Casas-Geo y Geo-Centro, quienes proporcionaron los algoritmos, las ecuaciones de diseño, la forma de la entrada y salida de resultados

REFERENCIAS

Comisión Federal de Electricidad (1993), **“Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo”**, Comisión Federal de Electricidad, Distrito Federal, México.

Martínez J.M., Miranda G., Pérez J.A. y Pérez I.A. (2008), **“Modelo de columna ancha para el diseño estructural de viviendas de mampostería”**, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Veracruz.

NTC-DCEC (2004), **“Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de concreto”**, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, México.

Ponce M., (2011), **“¿Porqué mejorar los procesos?”**, Publicación electrónica en la dirección: www.partnerconsulting.com.pe, Lima Perú.