

*Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de construcciones*



Trabajo de Diploma de Ingeniería Civil

Guía para el diseño de una nave industrial con tecnología BIM utilizando el software Autodesk Advance Steel

Autor: Beatriz Ramírez Echevarría

Tutor(es): Ing. Carlos Alejandro Prado Camacho

Cotutor: Ing. Pedro Antonio Hernández Delgado

Matanzas, 2020

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declare que **Beatriz Ramírez Echevarría** soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A mis padres.

Por la paciencia, dedicación y esfuerzos incalculable en el empeño de que su hija logrará este objetivo.

A mi familia.

Por el apoyo en todo momento y el ánimo de seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores:

Pedrito y Prado por todo el conocimiento brindado y apoyar a tantos universitarios en lograr realizar sus trabajos de diploma, por tanto, tiempo dedicado a veces quitándose a su trabajo y la preocupación que demostró en la realización del trabajo.

A todos los profesores:

Que me aportaron sus conocimientos, experiencias y valores en toda mi etapa de estudiante.

A mis amigos y compañeros de estudio:

Por tanto, buenos momentos compartidos y horas de estudio.

A todos muchas gracias.

RESUMEN

Para realizar los proyectos de la construcción una de las etapas más engorrosa es la elaboración de la documentación técnica. Hasta la década del noventa estos se realizaban utilizando lápiz, compas y maquetas de cartón, pero gracias a los avances en las tecnologías de la información y la comunicación, surgen nuevas herramientas para mejorar y agilizar el trabajo de los proyectistas y sus colaboradores. Primero fue el Diseño Asistido por Computadora (CAD), el siguiente paso fue el CAD 3D. Destacándose entre estos *softwares* AutoCAD. Pero la creciente complejidad de los proyectos de la construcción y la necesidad de aumentar la eficiencia, ha traído consigo una nueva forma de trabajo llamada Modelo de Información de la Edificación o de la Construcción (BIM, del acrónimo en inglés *Building Information Modeling*). Con esta investigación se propone confeccionar una guía de trabajo para utilizar el *software* BIM Autodesk Advance Steel en la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas en Cuba. Para lograr su diseño se han planteado las siguientes acciones: realizar un estudio del estado del arte relacionado con la utilización de la tecnología BIM en la elaboración de proyecto para la construcción, desarrollar una guía de trabajo para utilizar el *software* BIM Autodesk Advance Steel en la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas, aplicar la guía de trabajo propuesta mediante un ejemplo práctico. Como resultados se espera que la guía de trabajo propuesta, permita optimizar y lograr mayor eficiencia en la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas.

Palabras claves: Autodesk Advance Steel, BIM, Naves industriales metálicas.

ABSTRACT

In the realization of projects of construction one of the most complicated stages is the elaboration of the technical documentation. Back in the decade the ninety these were elaborated using a pencil, compass and cardboard scale models, but thanks to the advances of technology of the information and communication (TICs), new tools arise to improve and to speed up the work of the planners and their collaborators. First were the Attended Design for Computer (CAD), the following step was CAD 3D. Standing out among these software AutoCAD. But the growing complexity of the projects of the construction and the necessity to increase the efficiency, has brought with it a new form of work called Building Information Modeling (BIM). With this investigation a proposal is made, to make a work guide to use the software BIM Autodesk Advance Steel in the elaboration of projects of industrial steel buildings in Cuba. To achieve their design, they have thought about the following actions: to study the state of the art of the technology BIM in the project elaboration for the construction, to develop a work guide to use the software BIM Autodesk Advance Steel in the elaboration of projects of industrial steel buildings, to apply the guide of work proposal by means of a practical example. As results it is expected that the proposed procedure, allow to optimize and to achieve bigger efficiency in the elaboration of projects of industrial steel buildings.

Keywords: Autodesk Advance Steel, BIM, Industrial Steel Buildings.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción:	1
Capítulo 1: Estado del Arte del diseño de una nave industrial con tecnología BIM y su cimentación.	12
1.1 Características fundamentales de las naves industriales.....	12
1.1.1 Características que deben tener las naves industriales para su diseño.....	14
1.1.1.2 Elección del material.....	16
1.1.1.3 Propiedades del acero estructural.....	16
1.2 Tipos de Cimentaciones.....	18
1.3 Definición de la tecnología BIM.....	20
1.3.1 Surgimiento de la tecnología BIM.	23
1.3.2 Formas habituales de trabajo con la tecnología BIM.....	24
1.3.3 Beneficios de la utilización de la tecnología BIM	26
1.3.4 Utilización de la tecnología BIM en Cuba.....	27
1.3.5 Desarrolladores del software BIM.....	28
1.3.5.1 Autodesk.....	28
1.3.5.2 Bentley Systems.....	29
1.3.5.3 Nemetschek AG.....	29
1.3.5.4 Tekla Corporation.....	30
1.4 Software BIM.....	30
1.4.1 Software Autodesk Revit.....	33
1.4.2 Software Nemetschek ArchiCAD.....	33
1.4.3 Software Nemetschek Allplan.....	34
1.4.4 Software Bentley Architecture.	35
1.4.5 Software Tekla Structures.....	35
1.4.5.1 Configuraciones, funciones y entorno.....	37
1.4.6 Software Advance Steel.	38
Conclusiones parciales.	41
Capítulo 2: “Propuesta de guía de trabajo para utilizar el <i>software</i> BIM Advance Steel en la realización de proyectos de naves industriales metálicas”.	43

2.1 Propuesta de guía de trabajo para la realización de proyectos de naves industriales metálicas utilizando software Tekla Structures.	43
2.2 Definición de las características principales del modelo físico.	44
2.3 Análisis Estructural.	45
2.3.1 Método de análisis de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD)...	45
2.4 Creación del Modelo Físico Detallado.	46
2.5 Definición de las principales características del software Advance Steel.....	47
2.6 Configuración del área de trabajo	48
2.7 Modo de trabajo del software en 3D	51
2.8 Modo de trabajo del software en 2D.....	56
2.8.1 Gestión de dibujo.....	58
2.8.2 Generación del listado de materiales	59
2.8.3 Creación de datos CNC.....	61
Conclusiones Parciales.....	64
Capítulo 3: “Aplicación de la guía de trabajo propuesta en el proyecto de una nave industrial metálica y su cimentación”.	65
3.1 Definición de las características principales del modelo físico.....	65
3.2 Análisis estructural de la nave industrial.....	65
3.3 Creación del modelo físico detallado.....	71
3.4 Obtención de los planos ejecutivos.....	72
3.5 Generación de listados de materiales.....	73
3.6 Análisis comparativo de los cimientos.....	74
Conclusiones parciales.....	75
Conclusiones Generales.....	76
Recomendaciones.....	78
Anexos.....	78
Recomendaciones bibliográficas.....	85

INTRODUCCIÓN

Una nave industrial es una edificación donde se instala una fábrica, cubriendo necesidades de alojamiento y requerimientos específicos de una industria. El espacio está conformado por pisos, muros con una altura considerable, estructura, techo, acabados, medidas de seguridad y áreas de carga y descarga para facilitar las operaciones de la empresa.¹

Dependiendo de los requerimientos de cada negocio existen varios tipos de naves industriales. Con frecuencia el cliente requiere que el negocio se encuentre enclavado dentro de dicha nave, es por ello que la calidad con que se construyan las mismas es de vital importancia, para ello, han de utilizarse materiales y métodos de construcción que garanticen la durabilidad de la edificación

Para iniciar la construcción de una nave industrial primeramente deben identificarse las necesidades del cliente y presentar posteriormente un proyecto. Una vez aprobado, se cimientan las bases que brindan soporte, esto se realiza durante el método “Movimiento de tierra”, después se continúa con el levantamiento de la edificación. Las naves industriales constan de grandes espacios sin apoyos intermedios, esto facilita la libertad de operación y movimientos dentro de ellas sin obstáculos, ni restricciones a la hora de trabajar.

En Cuba existen proyectos típicos de naves industriales tanto de metales como de hormigón, pero a medida que pasan los años las normativas van cambiando por lo que es necesaria la realización del estudio de los mismos.

Como nación nos encontramos inmersos en una gran batalla económica, como es sabido esta constituye prioridad pues como país aspiramos a lograr mayores avances y resultados

¹www.panelesach.com. [construcción nave industrial](#)[incendio nave industrial](#)[nave industrial](#) [precio Proyecto nave industrial](#)

en todos los ámbitos económicos y sociales requeridos, para lograr esto trabajamos teniendo en cuenta los siguientes lineamientos de partido y el gobierno

Las inversiones fundamentales a realizar responderán a la estrategia de desarrollo del país a corto, mediano y largo plazos, erradicando la espontaneidad, la improvisación, la superficialidad, el incumplimiento de los planes, la falta de profundidad en los estudios de factibilidad, la inmovilización de recursos y la carencia de integralidad al emprender una inversión.

Se priorizarán las actividades de mantenimiento constructivo y tecnológico en todas las esferas de la economía.

Elevar la exigencia y el control a los inversionistas para que garanticen la calidad del proceso inversionista e incentivar el acortamiento de plazos, el ahorro de recursos y presupuesto en las inversiones.

Descentralizar el Plan de Inversiones y cambiar su concepción, otorgándoles facultades de aprobación de las inversiones a los organismos de la Administración Central del Estado, a los consejos de la administración, al sistema empresarial y unidades presupuestadas.

Las inversiones que se aprueben, como política, demostrarán que son capaces de recuperarse con sus propios resultados y deberán realizarse con créditos externos preferiblemente a mediano y largo plazos o capital propio, cuyo reembolso se efectuará a partir de los recursos generados por la propia inversión.

Destacar que las cimentaciones son parte importante de un proyecto de naves metálicas por los volúmenes de hormigón y excavación que demandan.

Según lo antes expuesto se presenta como **situación problemática**: Necesidad del país de ejecutar un volumen de construcciones de naves industriales en los próximos años con proyectos de cimentación racionales.

Dado las condiciones anteriores se plantea como **problema científico**: La EMPAI no cuenta con un ejemplo de proyecto o guía que pueda utilizarse en la ejecución de una nave industrial (metálica) en la cual se incluya un diseño racional de la cimentación.

En correspondencia con el problema científico se define la siguiente **hipótesis**: Si la EMPAI contara con un ejemplo o guía de un proyecto de una nave industrial utilizando el software BIM Autodesk Advance Steel pudiera reducir el plazo de estos proyectos con racionalidad

Objetivo General.

Constar con un documento que sirva de ejemplo para la racionalización de los diseños de cimentaciones de naves industriales con la utilización del software BIM Autodesk Advance Steel y que incluya su cimentación.

Objetivos Específicos.

1. Realizar un estudio del estado del arte relacionado con la utilización de la tecnología BIM en la elaboración de proyectos para la construcción.
2. Desarrollar una guía de trabajo para utilizar el *software* BIM Autodesk Advance Steel en la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas y su cimentación.
3. Aplicar la guía de trabajo propuesta mediante un ejemplo práctico

Resultados Esperados:

Lograr que la guía de trabajo propuesta para utilizar el software BIM Autodesk Advance Steel, permita optimizar y lograr mayor eficiencia en la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas en Cuba y su cimentación.

Tareas principales de la investigación:

- 1-Recopilación de información actualizada.
- 2- Desarrollar una guía de trabajo para utilizar el software BIM Autodesk Advance Steel en la realización de proyectos de naves industriales y su cimentación.

3-Aplicar la guía de trabajo para la obtención del proyecto de una nave industrial metálica y su cimentación.

Los métodos de investigación utilizados en el desarrollo de la investigación son:

Métodos teóricos: el análisis y la síntesis utilizada para el procesamiento de las fuentes de información a fin de determinar los diferentes enfoques y criterios relacionados con el objeto de investigación. El método hipotético – deductivo en la preparación de la hipótesis de la investigación.

Métodos empíricos: observación científica cuando revisamos los proyectos de naves industriales, análisis documental en cuanto al estudio de la documentación relacionada con el objeto de estudio.

Estructura de la tesis:

La investigación se ha estructurado en: resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y anexos.

Introducción: Se caracteriza la situación y se formaliza el protocolo de la investigación a desarrollar.

Capítulo 1: “Estado del Arte del diseño de una nave industrial con tecnología BIM y su cimentación”.

Capítulo 2: “Propuesta de guía de trabajo para utilizar el software BIM Autodesk Advance Steel en la realización de proyectos de naves industriales metálicas”.

Capítulo 3: “Aplicación de la guía de trabajo propuesta en el proyecto de una nave industrial metálica y su cimentación”.

Capítulo 1” Estado del arte del diseño de una nave industrial con tecnología BIM y su cimentación”

Las tecnologías de la informática han ido transformando y complementando al proceso clásico de diseño. El CAD reemplazó al papel y las maquetas de cartón de finales de los años setenta, para convertirse en una herramienta fundamental e imprescindible, hasta el punto que todavía hoy en día sigue siendo la herramienta profesional más extendida y conocida a nivel mundial. Pero la complejidad creciente de los proyectos de la construcción, exigen un nuevo cambio de filosofía de trabajo para la elaboración de los proyectos. La Tecnología BIM es la nueva tendencia internacional para enfrentar los retos actuales. El objetivo fundamental del presente capítulo es realizar un estudio del estado del arte de las tecnologías BIM, mediante la bibliografía consultada.

1.1- Características fundamentales de las naves industriales.

Las naves industriales generalmente están asociadas a la actividad fabril o de almacenaje de mercancías. Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer varían en función de la actividad que desarrollan en su interior, aunque existen un gran número de soluciones constructivas la mayoría de estas estructuras se basan en pórticos rígidos o triangulares, ya que han demostrado proporcionar soluciones económicas y efectivas. Se caracterizan por poseer grandes luces ininterrumpidas y generalmente grandes puntales.

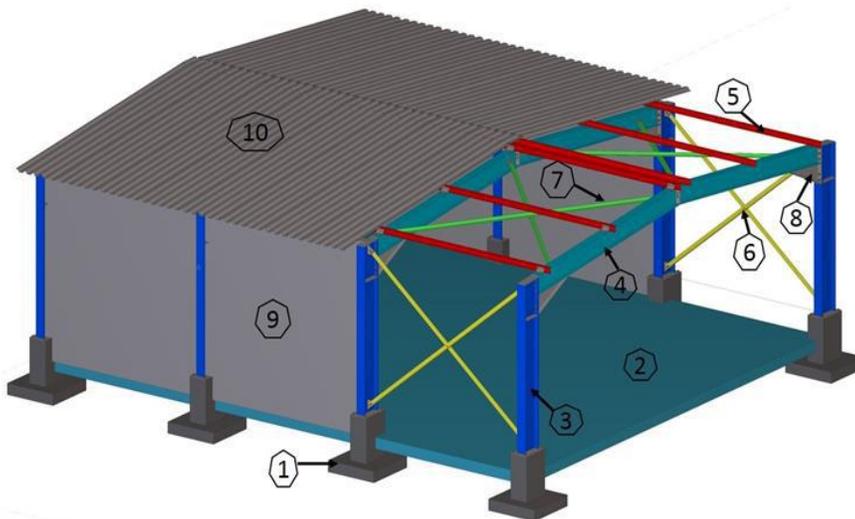
Las primeras naves industriales se construyeron utilizándose vigas y cerchas de madera sobre muros de cargas. El uso de vigas de madera limitaba la distancia entre puntales de apoyo a 12 metros como máximo. Los muros de carga se levantaban con ladrillos o mampostería, con la inclusión a veces de pilares que fortalecían la estabilidad lateral (ITEA 2010)

Con la evolución de la industria surgió la necesidad de aumentar los espacios productivos, mayor iluminación, funcionalidad y gracias a los avances en la siderurgia y los nuevos aportes del hormigón armado, florecieron nuevas soluciones constructivas y se introdujeron nuevos materiales. Actualmente las naves industriales pueden ser de

estructuras metálicas, de hormigón (armado y pretensado) y mixtas (metálicas y de hormigón).

Los elementos principales que componen las naves industriales metálicas se pueden clasificar en tres grupos: subestructura, superestructura y envoltente. A continuación, se expresarán los elementos que componen cada grupo y para una mejor comprensión se muestran en la Figura 2.1:

- ✓ Subestructura: 1-Cimentación, 2-Piso.
- ✓ Superestructura: 3-Columnas, 4-Vigas, 5-Viguetas, 6-Arriostres verticales, 7-Arriostres horizontales, 8-Uniones
- ✓ Envoltente: 9-Paredes, 10-Cubiertas.



Cimentación: Son estructuras que tienen como función sostener y darle un anclaje al terreno, es decir servir de cimentación para el pilar o columna, son hechas de concreto y tienen una armadura de parilla de barras de acero corrugado (varilla corrugada).

Columnas: Este elemento soporta las cargas de armaduras, el cual puede ser vivas o muertas. Resisten contra los vientos, sismos, impactos, etc. Las columnas son hechas con vigas o placas de acero, de igual manera pueden ser construidas en concreto y acero.

Armaduras: Las armaduras está compuesta por piezas de acero (redondo sólido, ángulo, solera, etc.) que forman un sistema. Este sistema trabaja uniendo y absorbiendo esfuerzos de compresión o tensión, el acero es el material ideal para este tipo de esfuerzos.

Largueros o soportes: Los largueros son utilizados para soportar el peso de las láminas concentradas en puntos aislados a lo largo de su longitud, son hechas con vigas prefabricadas o polines.

Cubiertas: Las cubiertas o techos de las naves industriales suelen ser muy ligeras, normalmente se utilizan láminas de acero que no son ni acústicos ni térmicos, pero se recomienda utilizar láminas termo acústicas para mantener una temperatura agradable. De igual manera existen láminas traslucidas que ayudan a tener una buena iluminación en la nave.

1.1.1- Características que deben tener las naves industriales para su diseño

Cuando se plantea el diseño y cálculo de una nave industrial son muchas las variables a tener en cuenta y son muchos los casos que se pueden presentar, así que el calculista debe abordarlos de forma que se garantice la eficacia resistente, constructiva y económica de la estructura.

Las naves industriales se caracterizan por cubrir grandes luces, generalmente con pequeñas cargas de origen gravitatorio. Esto origina unas particularidades que solo se dan en este tipo de estructuras, en las cuales las cargas horizontales y los fenómenos de inestabilidad cobran especial importancia, debido a la gran esbeltez de la estructura.

Los principales factores a tener en cuenta son:

- ✓ Uso de la nave: Debe contener las instalaciones y equipos y siempre ha de tenerse en cuenta una posible ampliación.
- ✓ Precio: Se necesitará pilares más robustos para naves con grandes alturas, como puede ser el caso de naves con puentes grúa.

- ✓ Confort climático: La climatización depende del volumen de aire y del salto de temperaturas entre el interior y el exterior.
- ✓ Confort lumínico: Ha de conseguirse una iluminación sin grandes contrastes en el plano de trabajo.
- ✓ Elementos constructivos internos de la nave: Se ha de prever una modificación interna de la nave, como pueden ser entreplantas o puentes grúa y debemos garantizar que las condiciones de trabajo se podrán desarrollar en condiciones de salubridad adecuadas y sin agobios claustrofóbicos, de ahí la gran altura que se suele dar a este tipo de estructuras.
- ✓ Pendientes de los faldones: Mientras más pendiente tenga la cubierta mejor suele trabajar la estructura porque es más abovedada y la nieve y agua resbalarán mejor, sin embargo, presentará mayor resistencia al viento y estará más expuesta. Por ello, se suele optar por pendientes inferiores al 25%.
- ✓ Tipo de cubierta: Debe plantearse el emplear pórticos rígidos para la cubierta, o bien cerchas. Estas últimas confieren ventajas a los pilares y a la cimentación, pues estas van articuladas sobre la cabeza de los pilares y no transmiten momentos. No obstante, su uso va en contra de la habitabilidad, pues su cordón inferior va entre cabezas de pilares y se estará desperdiciando un espacio que puede ser muy útil.

Igualmente, el uso de cerchas encarece la estructura pues su montaje y mantenimiento son más costosos, por lo que generalmente se suelen montar cuando:

- ✓ Se requieren grandes cargas sobre la cubierta,
- ✓ Se necesita cubrir grandes luces o
- ✓ Simplemente por razones estéticas.

Una vez definidos los principales factores de las naves industriales, se procede a elegir el material de construcción del cual estarán fabricados los elementos resistentes de la estructura.

1.1.1.2- Elección de materiales

Como se citó en anteriormente, existen diferentes tipos de naves industriales atendiendo al material de construcción del que están hechas. Las hay de acero, las formadas por bloques de hormigón y las mixtas. Debido a las importantes ventajas que presentan las estructuras metálicas, nos centraremos en el estudio para construcciones realizadas con acero.

1.1.1.3- Propiedades del acero estructural

El empleo del acero en las estructuras industriales tiene una serie de ventajas sobre otros materiales que hace que las estructuras metálicas monopolicen la construcción de naves. Entre las propiedades más importantes del acero estructural se puede destacar las siguientes:

- ✓ *Resistencia estructural:* El acero estructural es un material que posee alta resistencia a compresión como a tracción, por lo que no necesita de otro tipo de material para trabajar correctamente. Además de la alta resistencia mecánica, tiene un reducido peso propio, por lo que las secciones resistentes necesarias son de reducidas dimensiones.

Por este mismo motivo, debido a su gran ligereza y la reducida esbeltez, un gran número de accidentes se han producido por inestabilidad local, sin haberse agotado la capacidad resistente. Esto obliga a realizar un arriostramiento preciso de los distintos elementos estructurales.

Una de las desventajas frente a otros elementos constructivos es la susceptibilidad a pandeo y la necesidad de añadir elementos arriostrantes para conseguir la rigidez requerida tales como tirantes, nudos rígidos, pantallas, etc.

Además, debido a esta excesiva flexibilidad, el diseño de las estructuras metálicas suele estar muy limitado por las deformaciones, así como por las tensiones admisibles, lo que

provoca una resistencia desaprovechada al limitar las deformaciones máximas para evitar vibraciones.

El acero es un material dúctil, es decir, que antes de alcanzar el estado último de carga, es decir, el de rotura, el material se deforma plásticamente hasta un cierto límite. Gracias a esta propiedad, las estructuras metálicas antes de producirse el fallo definitivo “avisan”.

- ✓ *Durabilidad*: El acero es vulnerable a la corrosión y por lo general va acompañado de un recubrimiento que evite en la medida de lo posible este efecto. Este recubrimiento se puede conseguir mediante: una capa de un material anticorrosivo como es el zinc, mediante un proceso de galvanizado, de una capa de pintura o una mezcla de ellos, lo que provoca un coste en el mantenimiento en este tipo de estructuras. Aunque, si el mantenimiento de estas estructuras es adecuado, durará indefinidamente. Un ejemplo es la Torre Eiffel de París, construida en el año 1889.
- ✓ *Reciclaje*: Las estructuras de acero presentan una ventaja adicional frente a otras realizadas con otros materiales como el hormigón: la posibilidad de reciclaje una vez termine su ciclo de vida útil. El acero de las demoliciones se vende como chatarra, luego se funde en las siderurgias y con una adición de algunos componentes se consigue de nuevo acero estructural.
- ✓ *Resistencia al fuego*: El acero es un material sensible al fuego. Las características mecánicas de éste disminuyen rápidamente con la temperatura, por lo que las estructuras metálicas deben protegerse del fuego.
- ✓ *Versatilidad de formas y acabados*: El acero es un material que, debido a sus procesos de obtención, presenta ciertas dificultades a la adaptación de formas variadas ya que la normalización de los perfiles y chapas en el proceso de fabricación complica mucho poder realizar nuevas formas. Por ello se suele

recurrir a elementos prefabricados, ya que de esta manera se agilizará el proceso de construcción y reducirá costes.

- ✓ *Aislamiento térmico y acústico:* Debido a las propiedades de los metales, el acero presenta una resistencia térmica y acústica limitada, por lo que es necesario utilizar otros materiales aislantes como el polietileno expandido en los cerramientos laterales y en cubierta.

Además de las propiedades anteriormente descritas se ha de destacar una serie de factores económicos y constructivos del acero estructural:

- ✓ Facilidad de montaje y transporte debido a su ligereza.
- ✓ Rapidez en la ejecución de la obra, ya que la mayoría de las piezas se fabrican en taller, uniéndose en obra de forma sencilla mediante tornillos o soldaduras.
- ✓ Fácil control de ejecución y calidad, ya que la fabricación en talleres permite un control adecuado, debido a que en ellas se realizan las pruebas pertinentes.
- ✓ La estructura metálica requiere cimentaciones de menor proporción, lo que genera una disminución en los costes de las excavaciones.
- ✓ Necesita mantenimiento y supervisión periódica, debido a que es altamente corrosivo.
- ✓ Existe un coste adicional asociado con la necesidad de mano de obra especializada, es necesario un personal formado técnicamente.
- ✓ Se puede utilizar en construcciones que requieren grandes luces, hasta 100m según el sistema de construcción utilizado.

1.2- Tipos de cimentaciones:

Existen distintos tipos de cimentación para naves industriales, cada uno con sus propias características que la hacen diferente al resto.

Las cimentaciones podrían dividirse esencialmente en tres: cimentaciones superficiales (cimentaciones ciclópeas, losas de cimentación, zapatas aisladas, zapatas corridas, zapatas combinadas), cimentaciones semiprofundas y cimentaciones profundas.

Elegir la cimentación más apropiada para el proyecto en cuestión es de suma importancia, puesto que se trata de la base (literalmente hablando) de la nave industrial, siendo el grupo de elementos que soportan a la superestructura, es decir, la encargada de transferir el peso de la estructura al terreno.

Cuando se planifica la realización de una construcción, han de tomarse en consideración los distintos pesos que vaya a tener que soportar, incluyendo el de la propia estructura, la maquinaria, el mobiliario y los acabados, por mencionar algunos.

Deben contemplarse además varios escenarios de incidencia de carga, como por ejemplo la posibilidad de hundimiento o inclinaciones, e incluso colapsos, así como también las condiciones del clima.

Ahora bien, más que preguntarse por los tipos de cimentación para naves industriales que son mejores, la interrogante a descubrir sería qué sistema de cimentación es el más adecuado para las naves industriales.

En ese sentido, siempre que sea posible se sugiere elegir un sistema de zapatas de hormigón armado uniendo todas las zapatas mediante vigas riostras, ayudando con ello a reducir los efectos de los asientos diferenciales para apoyar los cerramientos laterales.

Respecto a cómo se debe llevar a cabo la cimentación de una nave industrial, todas las estructuras previamente fabricadas requieren de una precisión prácticamente milimétrica en la unión de los pilares con la cimentación.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que siempre es preferible que los cimientos sean solicitados por cargas centrales, esto porque las excéntricas pudieran ocasionar empujes diferenciales.

Igualmente se debe señalar que es fundamental tratar de que el terreno sobre el cual se apoyarán los cimientos sea lo suficientemente resistente. Si esto no es posible, se deben buscar alternativas.

Luis Sixto (1996) plantea la posibilidad de vincular las columnas y pisos para que estos últimos se integren con las columnas y poder resistir cargas laterales, a continuación, resumimos estos conceptos.

Al igual que el análisis de estructuras grandes y pesadas, el estudio de subestructuras ligeras fue concebido también por los ingenieros. En nuestro país se han construido decenas de cimentaciones del tipo mencionado con anterioridad y ninguna ha tenido problemas, son muchas las ventajas económicas que esto ha traído a nuestro propio desarrollo

Las naves industriales tienen en común un piso de hormigón que sea capaz de soportar acciones de desgastes, abrasivas, químicas, etc, siendo el problema tensional secundario, al utilizar un buen material de subbase.

Es posible vincular columnas y pisos para que las primeras transmitan al piso de hormigón acciones de carga y momentos convirtiendo a este en una cimentación superficial en balsa, de esta forma se da uso estructural primario a una parte obligada de la construcción que anteriormente no tenía dicha función como primaria y se prescinde de los cimientos clásicos conllevando esto a un sustancial ahorro. Esta solución se ha empleado en dos provincias de Cuba obteniendo resultados satisfactorios. Se incluye una comparación económica entre la solución clásica, otra más avanzada y la de piso balsa. Con esto se logra un ahorro importante en consideraciones de diseño de edificios, investigando las posibilidades no exploradas de cimentaciones clásicas, elemento puesto en práctica años atrás en un edificio de veinticuatro plantas en La Habana

1.3- Definición de la tecnología BIM.

BIM es el acrónimo de la frase inglesa *Building Information Modelling* (Modelado de Información de la Edificación o de la Construcción), se han encontrado diferentes definiciones acerca de BIM. Eastman (2011) describe BIM como una tecnología de

modelado y un conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificaciones. Estos modelos son caracterizados por:

- ✓ Componentes de la edificación: que son representados mediante representaciones digitales (objetos) que tienen gráficos computables y datos que los identifican en los softwares así mismos tienen reglas paramétricas que les permiten ser manipulados de una manera inteligente.
- ✓ Componentes: que tienen data que describen como éstos se comportan que son útiles para análisis.
- ✓ Datos constantes y no redundantes de tal manera que los cambios a los datos del componente son representados en todas las vistas del componente y en todas las partes a las que está unido.
- ✓ Data coordinada, tal que todas las vistas de un modelo son representadas en una manera coordinada.

El *National Building Information Modelling*, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición (NBIMS, 2007). *General Service Administration* (GSA) de los Estados Unidos dice que BIM es el desarrollo y uso de un software multifacético de computador para, no sólo documentar un diseño de construcción, sino también simular la construcción y operación de una nueva instalación o de una instalación modernizada. El BIM resultante es una representación digital rica en data, basada en un objeto, inteligente y paramétrica de la instalación, de la cual, vistas apropiadas a varias necesidades de los usuarios, pueden ser extraídas y analizadas para generar retroalimentación y mejoramiento del diseño de la instalación.

Hardin (2009) describe a BIM como un proceso y software; y lo explica de la siguiente manera “Muchos creen que una vez que han comprado una licencia para un software BIM pueden sentar una persona en frente de la computadora y están haciendo BIM. Y lo

que no se dan cuenta que BIM no sólo significa usar un software de modelado tridimensional sino también la implementación de una nueva forma de pensar”.

Como se ha señalado por McGraw-Hill Construction (2007), BIM puede significar diferentes cosas para diferentes profesionales. El término no es sólo definido de diferentes maneras de acuerdo a determinadas profesiones, pero también hay confusión en tres niveles diferentes. Algunos podrían decir BIM es una aplicación de software, otros, un proceso para el diseño y documentación de información de edificios, y otros más podrían decir que es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto.

De las definiciones encontradas en la búsqueda bibliográfica, a criterio del autor la realizada por Coloma (2008) de la Universidad Politécnica de Cataluña, es bastante integral.

Para Coloma (2008) BIM se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continúa. Empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al proyecto que se pretende diseñar, construir o usar. Conseguir que la información sea coordinada, es esencial para que el desarrollo del proyecto por partes de los múltiples especialistas, aunque estos se ocupen de especialidades diferentes. Así, varios especialistas podrán trabajar en el proyecto con la seguridad de que la información que uno actualice estará disponible para los otros.

Lograr que los diferentes modelos sean coherentes, se soluciona empleando la tecnología de objetos para poder reducir el número de modelos y, además, poder relacionarlos automáticamente. Esto es lo que hacen las aplicaciones BIM. Los objetos no son representaciones, sino entidades definidas según sus características que después se generan y muestran a través de todo tipo de vistas especializadas (como plantas, secciones o axonometrías). Por otra parte, para que su modelado resulte controlable y rápido, estos componentes se definen como objetos paramétricos cuyas características y comportamientos vienen más o menos preestablecidos. Así, el diseñador ya no representa elementos arquitectónicos, sino que los diseña según sus especificaciones, siguiendo

patrones más o menos flexibles, dependiendo de las prestaciones del *software* y de sus propias habilidades.

El otro aspecto importante de esta tecnología es la capacidad de cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un proyecto. Estamos hablando de mediciones, pero también de otras cualidades computables como, por ejemplo, volúmenes de aire, recorridos de evacuación, consumo energético, etc. En realidad, todo esto representa información contenida en modelos específicos que es posible unificar en mayor o menor grado con el fin de conseguir las prestaciones de coordinación y coherencia anteriormente comentadas. La clave está en comprender que el diseño no se refiere sólo a criterios formales, sino también a otras variables que no son tratables desde el punto de vista de las herramientas de representación tradicionales.

Finalmente, la tecnología BIM tiene presente la idea que un proyecto se debe poder estudiar durante todo su ciclo de vida. Esto incluye la fase de diseño, ejecución y también la de explotación. Así, sus futuros usuarios podrán acceder a información que les será útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta.

1.3.1- Surgimiento de la tecnología BIM.

Según Gómez (2013) uno de los primeros en expresar un pensamiento BIM fue Douglas C. Engelbart, que ya en 1962, en los inicios de la computación, nos da una visión extraordinaria del arquitecto del futuro en su escrito “*Augmenting Human Intellect: A conceptual framework*” (Aumentando el intelecto humano: un marco conceptual). Su estudio refiere que:

“...el próximo arquitecto comienza a introducir una serie de especificaciones y datos: un piso de losa de quince centímetros, 30 centímetros de muros de hormigón de dos metros de alto dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Se examina, ajusta... Estas listas crecen a otra cada vez más detallada, la estructura interrelacionada, que representa la maduración del pensamiento detrás del diseño real...”.

Engelbart sugiere un diseño basado en objetos, manipulación paramétrica y una base de datos relacional. Ha sido influenciado también por los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos sistemas, que eran los marcos conceptuales, no podrían realizarse sin una interfaz gráfica a través de la cual interactuar con un modelo de construcción. Se puede considerar que son las bases conceptuales de los procesos BIM actuales.

Mientras que otros postulan que fue Charles M. Eastman a principio de los setenta, quien comienza a hablar del “modelo de producto de construcción”, un concepto que se ajusta al BIM actual. En su trabajo “*An outline of the building description system*” (Un esbozo del sistema de descripción de la edificación), incorpora las bases de datos como un paso más en la búsqueda de la calidad de los proyectos. Esta forma conceptual de intentar ver los edificios a través de la lente de una base de datos, ha contribuido a la ruptura de la arquitectura en sus elementos constitutivos, lo que exige una taxonomía literal de algunas partes que constituyen los edificios. Fue uno de los primeros proyectos para crear una base de datos de la construcción con éxito y se llamaba *Building Description System* (Sistema de descripción del edificio, o BDS). Fue uno del primer software para describir los distintos elementos de la biblioteca que pueden ser recuperados y añadidos a un modelo. Este programa utilizaba una interfaz gráfica de usuario y una base de datos ordenable que permitía al usuario recuperar la información de forma categorizada por atributos, incluyendo el tipo de material y su proveedor.

El arquitecto Phil Bernstein, fue el primero que usó el término actual de BIM Jerry Laiserin, analista industrial, ayudó a popularizar y estandarizarlo como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar información en formato digital (Ulloa Román, y otros, 2013).

1.3.2- Formas habituales de trabajo con la tecnología BIM.

Mora expresa que existen dos formas de trabajo con la tecnología BIM off-line y la online, la forma más habitual suele ser la colaboración “*off-line*”, la cual consta de cinco pasos básicos. (Ulloa Román, y otros, 2013)

1. El proyectista principal, desarrolla el modelo arquitectónico del edificio en una aplicación BIM generalista.
2. Ese modelo arquitectónico es exportado a un formato de intercambio y enviado a los distintos colaboradores, proyectistas específicos, calculistas o consultores.
3. Cada colaborador importa ese modelo de intercambio a su aplicación o herramienta informática particular para desarrollar su parte del trabajo, incorporando a su copia del modelo nueva información.
4. Cada colaborador remite de nuevo al proyectista principal su modelo modificado en formato de intercambio.
5. El proyectista principal combina todos los modelos en uno solo y analiza las interferencias o colisiones que pudiera haber entre cada modelo parcial que se integra en el modelo combinado.

En el proceso de estos cinco pasos se producen numerosas conversiones y transferencias de información entre las distintas especialidades que pueden estar usando diversas herramientas informáticas, por lo que la probabilidad de que surjan problemas de compatibilidad durante las conversiones de formatos de los ficheros es alta. Por ello es necesario que haya alguien encargado de supervisar la calidad de cada modelo que sale o llega al despacho del proyectista principal.

También existe la forma de colaborar “*on line*”. En la colaboración *on-line*, los distintos operadores están trabajando simultáneamente sobre un mismo modelo virtual. Parece evidente que esta forma de trabajar, en la que los distintos miembros del equipo de trabajo interactúan a la vez con el modelo, permite que cada uno de ellos vea en tiempo real los cambios que están realizando el resto de compañeros, por lo que la toma de decisiones y resolución de conflictos es inmediata. Sin embargo, existen numerosos inconvenientes técnicos que hacen que hoy en día sea complicado poder aplicar la colaboración *on-line* a la totalidad de las tareas.

La colaboración *on-line* requiere trabajar sobre formatos nativos, no sobre formatos de intercambio, por lo que la compatibilidad entre aplicaciones debe ser total. Esto en la práctica sólo puede conseguirse, y no siempre, con herramientas software desarrolladas por un mismo fabricante, lo que limita la oferta disponible.

1.3.3- Beneficios de la utilización de la tecnología BIM.

Algunos de los beneficios más relevantes para Eastman (2009) son:

- ✓ Visualización de forma (para estética y evaluación funcional): BIM puede renderizar los diseños con cierto grado de realismo, haciendo los diseños de edificaciones más accesibles a los involucrados que no tengan conocimientos técnicos.
- ✓ Rápida generación de múltiples alternativas de diseño: Los diseñadores pueden manipular eficientemente la geometría manteniendo la coherencia del diseño.
- ✓ Uso de la data del modelo para el análisis predictivo del desempeño de la edificación: Algunos softwares BIM tienen herramientas de análisis de ingeniería (elementos finitos y análisis de energía), estimación de costos de construcción, etc.
- ✓ Mantenimiento de la información y la integridad del diseño del modelo: Esto es porque las herramientas BIM almacenan cada pieza de información una vez, sin tener que almacenar la información en múltiples dibujos o vistas. Asimismo, también se puede identificar y eliminar las incompatibilidades físicas entre elementos del modelo.
- ✓ Generación automática de dibujos y documentos: con sólo algunos datos de entrada se pueden tener dibujos y documentos de manera automática. Asimismo, si se hacen cambios en el modelo, éstos se actualizan en los dibujos y documentos.
- ✓ Colaboración en el diseño y la construcción: Esto se da manera interna y externa. En la primera, múltiples usuarios dentro de una organización editan el mismo modelo de manera simultánea; y en la segunda, se pueden compartir vistas no editables del modelo.
- ✓ Rápida generación y evaluación de alternativas de planes de construcción: Se tienen numerosos paquetes para la visualización 4D de las programaciones.
- ✓ Comunicación basada en objetos en línea /electrónicos: Se permite la visualización de los procesos y productos usando gráficos para dar la información a los trabajadores en las obras.

- ✓ Estimaciones: El software contiene información para generar cantidades de materiales; estimaciones de tamaños y áreas; productividad; costos de materiales. Esto evita que se procesen manualmente las cantidades y, asimismo, las informaciones de costos acompañan a los cambios en los diseños.
- ✓ Dibujos para compras y fabricación: Los modelos pueden ofrecer detalles constructivos e información para fabricación. Esto reduce costo puesto que la fabricación puede hacerse de manera más precisa.
- ✓ Identificación de conflictos y resoluciones: BIM puede detectar los conflictos internos, la solución puede ser probada para ver si se resuelve el problema y determinar si se crea otra.

1.3.4- Utilización de la tecnología BIM en Cuba.

En Cuba la utilización de la tecnología BIM es limitada, la primera implementación oficialmente reconocida a nivel empresarial de la cual se tiene información es en las oficinas de la Asociación Económica Internacional (AEI) ARCOS en Varadero con la asesoría técnica de la empresa francesa Bouygues Batiment Internacional y asociados con la parte de proyecto perteneciente a la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI) de Matanzas la cual es la responsable de realizar el proyecto con dicha tecnología. El software seleccionado fue el Revit de la Autodesk, el primer proyecto de ARCOS aplicando la tecnología fue en el teatro del hotel “Las Conchas”, extraoficialmente también se aplicó en un estudio de campo realizado por las partes mencionadas para corroborar la ejecución de bungalos típicos y chequear los errores en los mismos, ventaja esta que ofrece el software, en la actualidad están enfrascados en la realización del primer proyecto a gran escala el “Hotel Internacional”, del cual se prevé realizar todas las fases de trabajo, los planos de proyecto y los planos “*as built*” con dicha tecnología.

Fuera de ARCOS no se tiene conocimiento de la implementación de la tecnología BIM en una empresa en Cuba, por lo cual la utilización de estos softwares por los especialistas cubanos es escasa y de forma autodidacta. Siendo los softwares más utilizados ArchiCAD, Revit y Tekla.

En el caso específico de la utilización del software Tekla Structures se tiene conocimiento de la utilización por la empresa italiana IBC RESIGUM INTERNACIONAL y la española TECNOEXPORT en la realización de proyectos de estructuras metálicas en el país.

1.3.5- Desarrolladores de software BIM.

En la actualidad existen gran cantidad de corporaciones dedicadas a desarrollar software BIM, destacándose por la cantidad de usuarios que ostentan Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek AG y Tekla Corporation.

1.3.5.1- Autodesk.

Autodesk es una multinacional estadounidense que se enfoca en el desarrollo de software para generar diseños en 2D y 3D, aplicados a la arquitectura, ingeniería, construcción y entretenimiento. Fundada en 1982 debe su popularidad al programa AutoCAD que sigue siendo ampliamente utilizado en la actualidad.

Actualmente Autodesk está desarrollando un amplio portafolio de programas que brindan soluciones digitales a los usuarios en materia de simulaciones y visualizaciones de un proyecto o producto determinado.

Los programas más conocidos de Autodesk que utilizan la metodología BIM y que se pueden aplicar al sector de la construcción son:

- ✓ Autodesk 3ds Max Design
- ✓ Autodesk Design Review
- ✓ Autodesk Navisworks
- ✓ Revit Architecture
- ✓ Revit Structure
- ✓ Revit MEP

1.3.5.2- Bentley Systems.

Bentley Systems es otra empresa muy nombrada en el Mercado de desarrollo de software para ingeniería y construcción. Fue fundada en 1984 y su programa más reconocido en el ámbito de la construcción es Microstation que es un rival importante de AutoCAD.

Actualmente su desarrollo ha evolucionado gracias a la utilización de la metodología BIM y tienen una nueva línea de programas en el mercado basados en la parametrización orientada a objetos.

Los programas más conocidos de Bentley Systems que utilizan la metodología BIM y que se pueden aplicar al sector de la construcción son:

- ✓ Bentley Architecture V8i
- ✓ Bentley Structural V8i
- ✓ Bentley Building Electrical Systems V8i
- ✓ Bentley Building Mechanical System V8i
- ✓ ProjectWise Navigator.
- ✓ ConstructSim.

La compañía sigue ofreciendo su programa Microstation, pero está evolucionando con el Mercado implementando herramientas BIM en sus soluciones. Los programas acá nombrados, ofrecen herramientas de dibujo y modelado con capacidad para diseñar y evaluar efectivamente un proyecto o elemento. Adicionalmente y gracias su unión con Point Common, Bentley Systems está ofreciendo soluciones 5D como parte de su oferta.

1.3.5.3- Nemetschek AG.

Nemetschek AG fue fundada en Múnich en el año 1963 por el ingeniero Georg Nemetschek. Fue una de las primeras empresas del sector de la construcción en utilizar ordenadores, ha venido desarrollando software con metodología CAD para su implementación en la arquitectura, ingeniería, construcción, entretenimiento, manufacturas y paisajismo desde 1985. Siendo Allplan V1 su primer software en salir al mercado, con el tiempo se ha destacado como su producto más famoso y extendido, ya que ha incorporado procedimientos BIM.

A finales de los años noventa realiza varias adquisiciones de empresas como Friedrich+Lochner GmbH, dedicada al cálculo estático y la empresa norteamericana Diehl Graphisolf y crean el software Vector Works. En el año 2006 adquieren la empresa húngara Graphisoft, creadora del software ArchiCAD, aumentando su gama de productos BIM para el sector de la construcción.

1.3.5.4 Tekla Corporation.

Empezó en 1966 en Espoo, Finlandia, como un programa especializado en diseño estructural, pero se ha adaptado rápidamente a la metodología BIM, hace algunos años fue adquirida por la multinacional estadounidense Trimble Company Hoy en día Tekla tiene una división para la construcción con la posibilidad de enfocarse en los diseños estructurales, así como en el control de proyectos. Los productos que ofrece esta corporación son:

- ✓ Tekla Structures, Full Detailing.
- ✓ Tekla Structures, Construction Management.
- ✓ Tekla Structures, Steel detailing.
- ✓ Tekla Structures, Precast Concrete Detailing.
- ✓ Tekla Structures, Reinforced Concrete Detailing.
- ✓ Tekla Structures, Engineering.

1.4-Software BIM.

Los softwares BIM son aquellos que emplean, como entidades de trabajo principal, objetos paramétricos de cualquier disciplina que son capaces de relacionarse entre ellos y de los que se puede extraer diversos tipos de información, entre los que se incluye representaciones gráficas, pero también alfanuméricas.

Las tres principales prestaciones para Coloma (2008) de los softwares BIM son:

- 1-El trabajo multidisciplinar.
- 2-Modelo paramétrico.
- 3-Generacion automática de múltiples vistas.

A continuación, se realizará una breve caracterización de las tres principales prestaciones:

1- El trabajo multidisciplinar.

Los modelos BIM más complejos solo pueden acoger las principales especialidades de la construcción (Arquitectura, Estructura, Instalaciones, Control de costos, Diseño energético, Presentaciones). Para el resto de las especialidades, se trabaja con conexiones con aplicaciones especializadas que admiten exportaciones del BIM.

Por ejemplo, los programas de cálculo estructural pueden partir de la estructura modelados con una aplicación BIM especializada en Arquitectura y también pueden devolver parte de los resultados de su cálculo (dimensiones de los elementos, otros) al modelo BIM para que los especialistas lo tengan en cuenta.

2- Modelo paramétrico.

El Modelo de Información que gestiona una aplicación BIM está compuesto por una serie de objetos que se diseñan según las características esenciales que los definen, es decir, se parametrizan. Esto se hace mediante una interface que los conceptualiza y que asiste su creación con multitud de parámetros preestablecidos en relación a la naturaleza del elemento que se quiere crear. Un muro, por ejemplo, puede escribirse por los siguientes valores: número de capas, grueso de cada una, altura, materiales, recorrido, etc. Después, necesitaremos de una interface gráfica que permita editarlo dinámicamente mediante pinzamientos o variando sus características en un listado desplegable. En cualquiera de los casos, estamos modificando los parámetros que definen el objeto y, de rebote, su aspecto aparente. Pero también se puede ir más allá incluyendo otra clase de parámetros no dimensionales, como, por ejemplo, el color, el material y peso, el nombre, etc. El objeto que se modela acontece, así, mucho más completo y editable permitiendo acceder directamente a sus características. Así, ya no se modelan representaciones, sino que se modela el objeto en sí mismo cubriendo el máximo de facetas. En cambio, con una herramienta de CAD literal, se invierte mucho tiempo representándolo mediante múltiples modelos con el fin de poderlo controlar, mentalmente, en su globalidad.

Una vez se consigue parametrizar un objeto, también se puede intentar parametrizar la relación que tiene este con el resto. Esto se consigue relacionando unos parámetros con

otras. Por ejemplo, el perímetro exterior de una carpintería será igual a la apertura que se deberá practicar en el muro que lo aloja. De esta manera, no sólo se automatiza la transmisión de las influencias que tienen los objetos entre sí, sino que se posibilita su diseño en relación al resto. Así, cada componente se crea en función de lo que lo hace único y de lo que lo hace dependiente del resto, consiguiendo un diseño muy receptivo a futuras modificaciones. Para que todos estos parámetros puedan interactuar, es necesario tratar el modelo paramétrico como una base de datos unificada que esté estructurada y optimizada para hacer posible estas interrelaciones. Así también se posibilita que objetos de diferentes disciplinas puedan interactuar entre ellos y que su acceso sea centralizado, haciendo realidad la deseada coordinación multidisciplinar y multiusuario.

3- Generación automática de múltiples vistas.

Una de las aportaciones más importantes de los Modelos de Información es que las representaciones de sus diferentes aspectos pueden automatizarse. Todas provienen del mismo modelo, así que se consigue, de forma natural, que estén siempre coordinadas entre sí, actualizadas y que su generación sea inmediata o casi inmediata. Para poder satisfacer las necesidades de visualización de cada representación, cada aplicación dispone de diferentes mecanismos de personalización de estas, de tal manera que pueda mostrarse lo que se desea y con un grafismo adecuado. El abanico de posibilidades siempre será más limitado que el de las representaciones delineadas a mano, por lo que habrá que aprender a prescindir de ciertos virtuosismos, que, por otra parte, dejaran de ser necesarios al contar con el potencial de generación de múltiples vistas de este tipo de software. Podríamos decir que, en este caso, podemos substituir la calidad por la cantidad, ya que resulta mucho más conveniente el uso de múltiples vistas para explicar un tema que el de unas pocas y muy trabajada, ya que estas, inevitablemente, deberán omitir parte de la información del proyecto. De todas formas, también es cierto que una vez adecuado el grafismo de las visualizaciones a nuestro gusto, veremos como cualquier vista gozará del mismo nivel de acabado.

Otro aspecto esencial es entender que la posibilidad de una vista no se limita al campo de las representaciones gráficas (dibujos) que tradicionalmente ha sido el soporte básico del diseño, sino que también cubre otro tipo de representaciones de tipo alfanumérico, como

tablas (para mediciones o inventarios, por ejemplo), esquemas, leyendas, etc. Para una aplicación BIM, todo está al mismo nivel, ya que los objetos no solo contienen información formal sino también de cualquier otro tipo. Por ejemplo, una estructura suele ser más fácil de replantear en forma de esquema de barras, mientras que al que debe presupuestarla, le interesará sólo la cantidad, tipo y peso de los perfiles. El proyectista, en cambio, deberá trabajar con una representación formal fidedigna de la misma, para poder compatibilizarla con el resto de los sistemas arquitectónicos.

1.4.1 Software Autodesk Revit.

Revit es el acrónimo de Revise Instantly, de todas las aplicaciones BIM, es la más joven y la que esta tiene un planteamiento más radical respecto a la tecnología de objetos. La empezó a desarrollar la compañía Revit Technology Corporation como el primer software de diseño arquitectónico totalmente paramétrico. En el 2002, la empresa fue comprada por Autodesk, la cual buscaba soluciones por su entonces inoperante Architectural Desktop (actualmente AutoCAD Architecture). Percibiendo el potencial de Revit, Autodesk decidió mantener el desarrollo de las dos líneas de software sin cortar ninguna de las dos. Revit debería tener más futuro a largo plazo que AutoCAD Architecture puesto que se trata de una aplicación muy coherente y potente, pero, por el momento, las dos aplicaciones conviven pacíficamente al estar destinadas a un público diferente. AutoCAD permite una migración menos arriesgada y más progresiva mientras que Revit está destinado a implementar completamente la tecnología BIM.

Revit posee tres aplicaciones gemelas, Revit Architecture, Revit MEP y Revit Structures, especializadas en la generación de objetos de arquitectura, instalaciones y estructura respectivamente. Todas las aplicaciones son capaces de conectarse dinámicamente con herramientas de cálculos especializados.

1.4.2 Software Nemetschek ArchiCAD.

ArchiCAD desarrollado por la empresa húngara Graphisoft, hace unos años fue comprado por la empresa alemana Nemetschek, es el software para el diseño paramétrico de arquitectura más antiguo y por esto tiene la ventaja de ser el fruto de un

largo desarrollo. Hay miles de usuarios que lo emplean y existe un relativamente amplio abanico de aplicaciones de terceros fabricantes que lo complementan. Nacido para el entorno Macintosh, su origen se remonta al tiempo en que no se podía pretender que toda la documentación gráfica de un proyecto estuviera basada en objetos y por esta razón, su motor de transmisión de cambios ha recibido numerosas mejoras a lo largo de su historia. De hecho, a pesar de estar actualmente plenamente enfocado hacia el BIM, está capacitado para complementar a mano de manera sencilla las representaciones extraídas de los modelos paramétricos.

Su interface está muy cuidada, cosa que lo hace agradable y cómodo de usar. Por otra parte, conserva algunos vestigios de las herramientas de CAD tradicional, como el sistema de capas o el ploteado según conjuntos de plumillas, cosa que lo conecta con los usuarios de AutoCAD.

1.4.3 Software Nemetschek Allplan.

Allplan es una aplicación que venia del entorno Unix y que migro hacia el sistema Windows, hecho que obligo a cambiar radicalmente su interface. Su nivel de sofisticación y algunas de sus posibilidades superan las de sus competidores, pero posee el inconveniente de ser menos intuitivo de emplear.

Su estructura de documentación es radicalmente diferente al del resto de aplicaciones BIM nativas. Los proyectos se guardan en carpetas que contienen multitud de archivos que contienen la información del modelo. Estos representan divisiones físicas del modelo, generalmente por plantas y categorías de objetos. Por ejemplo, un archivo contendrá las distribuciones de la planta primera, mientras que otros guardarán el mobiliario, otros las fachadas, etc. Se trata de sistema que posibilita directamente el trabajo en equipo, puesto que cada usuario puede ocuparse un archivo diferente y permite estructurar el proyecto como se desee, por muy grande que sea. También limita el consumo de memoria de la aplicación. Además, a diferencia de AutoCAD Architecture, Allplan es capaz de editar más de un archivo a la vez, aunque las nuevas entidades se crearán siempre en el archivo activo, que siempre es único. Por el contrario, esta manera de organizarse lo hace mucho menos ágil a la hora de navegar por el proyecto si lo

comparamos con ArchiCAD o Revit y también limita las relaciones asociativas entre objetos paramétricos, puesto que a menudo se encontrarán en archivos diferentes. También la distribución del trabajo en equipo será más tediosa puesto que debe modificarse el contenido de los archivos de proyecto. Allplan disfruta aplicaciones para arquitectura, estructura, instalaciones, prefabricados y gran conexión con aplicaciones de terceros.

1.4.4 Software Bentley Architecture.

Bentley es un software BIM implementado sobre la base del CAD, distribuye el modelo BIM entre múltiples archivos y mantiene un sistema de implementación flexible que cohabite con las herramientas de CAD.

Como el resto de aplicaciones múltiples archivos, la organización del modelo BIM es flexible, pero también es mucho más difícil de gestionar. Bentley separa los modelos tridimensionales de los bidimensionales y la actualización es manual.

Bentley Architecture se nutre del módulo Triforma de diseño paramétrico, de posibilidades muy amplias. Por esto, se puede afirmar que sus herramientas de diseño paramétrico de los componentes arquitectónicos están a la altura, de sus competidores. El problema es que su manejo en general resulta mucho menos intuitivo.

Bentley ha desarrollado cinco aplicaciones BIM, Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Mechanical Systems and Bentley Electrical que se integran perfectamente entre ellas, encabeza la defensa del sistema de base de datos dispersa frente a la base de datos unificado, afirmando que resulta mucho más adecuada para el trabajo cooperativo y multidisciplinar.

1.4.5 Software Tekla Structures.

En la investigación el software BIM utilizado es el Tekla Structures, ya que goza de buena aceptación internacional, no requiere de computadoras con altas propiedades, es

muy intuitivo al trabajar, aunque con él se puede modelar cualquier estructura es un software especializado a trabajar con estructuras metálicas, por lo cual se hará una descripción de las principales funciones y características que posee. Tekla Structures es un programa BIM para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la construcción. Desarrollado por la empresa finlandesa TEKLA tiene presencia a nivel mundial a través de oficinas propias y representantes oficiales.

Es una herramienta para ingenieros de estructuras, proyectistas y fabricantes. Se trata de una solución en 3D basada en modelos integrados destinada a la administración de bases de datos de diversos materiales (acero, hormigón, madera, etc.). Tekla Structures integra modelado interactivo, análisis estructural y creación automática de dibujos. Tekla Structures permite crear modelos reales de cualquier estructura, incluyendo la información necesaria para la fabricación y construcción de la misma. El modelo 3D incluye la geometría y las dimensiones de la estructura, así como toda la información sobre perfiles y secciones transversales, tipos de uniones, materiales, etc. Permite crear automáticamente dibujos e informes en cualquier momento a partir del modelo 3D. Las modificaciones realizadas en el modelo afectarán a los dibujos e informes, por lo que siempre estarán actualizados. Tekla Structures incluye una amplia gama de plantillas de dibujos e informes estándar. Asimismo, podrá crear sus propias plantillas utilizando el Editor de Cuadros. Tekla Structures permite que varios usuarios trabajen en el mismo proyecto. De este modo, se aumenta la precisión y la calidad del resultado final, ya que el usuario siempre dispone de la información más actualizada.

Las características principales que incluye Tekla Structures son:

- ✓ Modelado sencillo de objetos básicos, como vigas, columnas y losas.
- ✓ Ayudas de modelado útiles, como mallas 3D y un área de trabajo ajustable.
- ✓ Bases de datos de calidades de materiales, perfiles, tornillos y armaduras.
- ✓ Herramientas de modelado para crear estructuras complejas, como escaleras y cerchas.
- ✓ Uniones inteligentes, como placas y ángulos de unión, para unir automáticamente los miembros principales.
- ✓ Un editor de componentes personalizados que puede usar para crear sus propias uniones, detalles y partes paramétricas.

- ✓ Vínculos a datos de transferencia entre Tekla Structures y otros programas de software, como AutoCAD, STAAD y MicroStation.
- ✓ Herramientas de dibujo para crear varios dibujos con un solo clic.
- ✓ Salida de datos para máquinas CNC.
- ✓ Capacidad para deshacer y rehacer los cambios efectuados, por lo que se pueden probar soluciones y volver al original si es necesario.
- ✓ Tekla Structures está disponible en una amplia variedad de idiomas y se ha adaptado a los estándares y requisitos locales.

1.4.5.1 Configuraciones, funciones y entorno.

Al inicial el programa Tekla Structures 18.1 aparece en la pantalla un cuadro de diálogo de inicio de sección en el cual se puede seleccionar el entorno, la función y la configuración en dependencia de la actividad que se va a realizar con el software.

Entorno.

Por entorno se entiende la configuración e información específicos de cada región. Define los perfiles, calidades de materiales, valores por defecto, uniones, asistentes, variables, informes y plantillas que se deben utilizar.

Al instalar Tekla Structures, se pueden seleccionar los entornos que se desean usar. Los entornos disponibles en Tekla Structures 18.1 representan a todas las regiones del mundo donde es utilizado el *software*.

Funciones.

En algunos entornos, cuando se inicia Tekla Structures 18.1, se puede seleccionar la función que se desea usar. Se ha personalizado la interfaz de usuario para cada función. La lista de funciones puede ser diferente en cada entorno, pero normalmente están disponibles las siguientes funciones:

- ✓ *All* (Todo).
- ✓ *Contractor* (Contratista).
- ✓ *Engineer* (Ingeniero).
- ✓ *Multimaterial Detailer* (Delineante Multimaterial).

- ✓ *Precast Concrete Detailer* (Delineante Hormigón Prefabricado).
- ✓ *Steel Detailer* (Delineante Acero).

All es una combinación de todas las funciones. *Multimaterial Detailer* combina las funciones de *Precast Concrete Detailer* y *Steel Detailer*.

Configuraciones.

Tekla Structures está disponible en diferentes configuraciones para adaptarse a los distintos participantes del sector de la construcción, al iniciar cada sesión en Tekla Structures, se puede seleccionar la configuración que se desee usar.

- ✓ *Steel Detailing* (Detallado de Acero).
- ✓ *Precast concrete detailing* (Detallado de Hormigón).
- ✓ *Cast in place* (Colada *in Situ*).
- ✓ *Construction management* (Gestión de Construcción).
- ✓ *Engineering* (Ingeniería).
- ✓ *Viewer* (Visualizador).
- ✓ *Drafter* (Editor de Dibujo).
- ✓ *Full* (Completo).

1.4.6- Software Advance Steel.

Advance Steel es una aplicación de software CAD para modelado 3D y detallado de estructuras de acero y creación automática de dibujos de fabricación, listas de materiales y archivos NC, desarrollada por GRAITEC, pero ahora es un producto de Autodesk.

La aplicación admite todos los conceptos y funciones básicos de AutoCAD (puntos de ajuste, puntos de agarre, copia, etc.). Cuando se ejecuta en su propia plataforma CAD, la aplicación proporciona las mismas capacidades que se ejecuta en AutoCAD. La plataforma CAD de Advance Steel sirve tanto como un motor gráfico como una base de datos orientada a objetos. Se garantiza el cumplimiento entre las versiones de Advance Steel que se ejecutan en su propia plataforma CAD y en AutoCAD. La información de Advance Steel se almacena en formato DWG.

La aplicación incluye AutoLisp (mejora AutoLisp estándar para incluir comandos Advance Steel) e interfaces de programación COM (VBA, C ++). Esto significa que los usuarios pueden crear sus propias macros personalizadas para requisitos especiales.

Advance Steel importa y exporta a los siguientes formatos de archivo:

- ✓ GTC;
- ✓ DWG;
- ✓ IFC. 2x3;
- ✓ CIS/2;
- ✓ SDNF;
- ✓ PSS;
- ✓ KISS (“Keep it Simple, Steel”)
- ✓ DSTV;
- ✓ DXF

Las principales funciones de Advance Steel se refieren a:

- ✓ Creación de un modelo 3D utilizando una biblioteca de elementos de construcción (es decir, vigas, placas, pernos, soldaduras, etc.).
- ✓ Chapa y chapa
- ✓ Herramientas avanzadas para la detección de colisión de elementos.
- ✓ Dibujos claros del taller, etiquetados y dimensionados automáticamente.
- ✓ Verificación del modelo para asegurar un modelo 3D correctamente construido y listas de materiales precisas.
- ✓ Creación automática de planos generales y planos de taller, planos de fabricación, planos de montaje, vistas isométricas y planos de fabricación.
- ✓ Gestión de flujo de trabajo de creación de dibujo (control de revisión, actualización automática, etc.)
- ✓ Creación automática de listas / listas de materiales y archivos NC.

- ✓ Tecnología multiusuario: todos los usuarios involucrados en un proyecto pueden trabajar de forma simultánea y segura en el mismo modelo, sin errores.

Advance Steel proporciona instrumentos para modelar estructuras complejas, como escaleras rectas y espirales, barandas, escaleras, etc. El programa crea todos los documentos necesarios (incluidos los archivos NC) para la fabricación de escaleras.

Características específicas Estructura con conexiones, modelada en Advance Steel. Conexiones paramétricas de acero Advance Steel tiene una biblioteca de más de 300 conexiones de acero paramétricas preestablecidas para conectar elementos Advance agrupados en las siguientes categorías: juntas de extremo a extremo de viga, juntas de placa base, juntas de refuerzo generales, juntas de viga en voladizo a columna, juntas de placa, juntas de ángulo de clip, juntas de pilón, juntas de tubo de refuerzo, juntas de correa, juntas de refuerzo, refuerzos de tensores, etc. El usuario crea todos los elementos de conexión mediante una sola operación. Al mismo tiempo, se procesan los elementos conectados (acortados, copiados, etc.). El software permite a los usuarios personalizar las conexiones:

Establecer los parámetros de la articulación;

Procesar los elementos conectados;

Transfiera las propiedades de una conexión de acero a otra;

Actualice la conexión de acero;

Motor de diseño conjunto

El software dimensiona y verifica las uniones de acuerdo con los estándares Eurocodes 3 y los estándares norteamericanos AISC. Se puede crear un informe de diseño.

Estilos de dibujo

Basado en un modelo 3D, la disposición general 2D dimensionada y etiquetada y los dibujos de taller se pueden crear automáticamente utilizando estilos de dibujo. Los

dibujos se crean en archivos DWG separados; sin embargo, están vinculados para rastrear cambios. Por lo tanto, los dibujos se pueden actualizar después de cualquier modificación del modelo y la revisión del dibujo se puede gestionar.

El software tiene una variedad de estilos de dibujo predefinidos para la creación de dibujos de disposición general y dibujos de taller para piezas individuales y ensamblajes. Un estilo de dibujo es un conjunto de reglas que se utilizan para crear un dibujo detallado y define los elementos que se muestran, incluidas las preferencias de etiquetado y dimensionamiento.

Los estilos de dibujo ofrecen la opción de crear automáticamente dibujos y modificar el diseño exactamente según los requisitos del usuario. Los estilos de dibujo se utilizan de manera similar a los estilos de dimensión de AutoCAD, estilos de línea, etc. Los estilos de dibujo predefinidos son diferentes para cada instalación y país. También se pueden definir estilos de dibujo personalizados.

Interoperabilidad de software

Advance Steel integra la tecnología de sincronización de datos de GRAITEC, "GTC" (GRAITEC Transfer Center). Esta tecnología ofrece:

Importar / Exportar datos en formatos estándar: CIS / 2, [3] SDNF, PSS, IFC 2.x3.

Múltiples usuarios de Advance Steel que trabajan simultáneamente en el mismo proyecto y sincronizan sus modelos.

Sincronización en Advance Steel de modificaciones realizadas por ingenieros en otro software GRAITEC (cambios de sección, adición de elementos estructurales, etc.)

CONCLUSIONES PARCIALES.

1. Se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica, relacionada con la utilización de la tecnología BIM en la realización de proyectos para la construcción en Cuba y el mundo.
2. La utilización de la tecnología BIM en las empresas de la construcción van en aumento por las significativas ventajas que presentan en comparación con el CAD tradicional.

3. Para lograr implementar la tecnología BIM en una empresa de la construcción se requiere de un cambio de filosofía de trabajo, inversiones económicas y de un período de preparación para obtener los beneficios deseados.

Capítulo 2: “Propuesta de guía de trabajo para utilizar el software BIM Advance Steel en la realización de proyectos de naves industriales metálicas”.

El presente capítulo se exponen los aspectos fundamentales, para poder utilizar el software Advance Steel en la elaboración de proyectos de naves industriales en Cuba, con la finalidad de confeccionar una propuesta de guía de trabajo que permita facilitar la realización de los planos.

2.1 Propuesta de guía de trabajo para la realización de proyectos de naves industriales metálicas utilizando software Advance Steel.

La guía de trabajo propuesto para el diseño de naves industriales metálicas se basa en cinco etapas fundamentales como se muestra en la Figura 2.1.

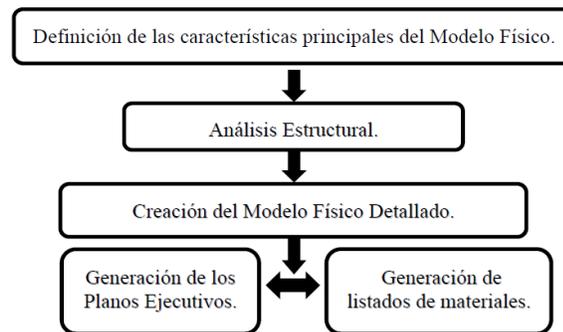


Figura 2.1 Propuesta de guía de trabajo para la realización de proyectos de naves industriales metálicas utilizando software Advance Steel.

Fuente: Realizado por el Autor.

Se parte en la primera etapa en la cual se:

Definen las características fundamentales del modelo físico, se define por parte del proyectista la geometría (luz, longitud de intercolumnios, altura, pendiente de cubierta, etc.) y la configuración de los pórticos transversales de la edificación partiendo de las necesidades del proyecto.

La segunda etapa análisis estructural, en la cual se Definen las cargas (permanente, de uso, sísmicas y de viento) que intervienen en la estructura y las combinaciones de cargas para definir las más crítica para cada elemento, se define las secciones de los elementos que conforman el modelo.

Luego se comienza a:

Crear en el software Advance Steel el modelo físico detallado, este modelo es donde el software obtiene toda la información para generar los planos y los listados de materiales necesarios para la realización del proyecto.

2.2- Definición de las características principales del modelo físico.

En esta primera etapa se define por parte del proyectista las principales características del modelo físico, en dependencia de las peculiaridades del proyecto y las necesidades del inversionista.

Las principales características a definir son la geometría (luz, longitud de intercolumnios, altura, pendiente de cubierta, etc.), calidad de los materiales, tipos de uniones entre los diferentes elementos y la configuración de los pórticos transversales, que es la estructura resistente básica de las naves industriales.

En la figura 2.2 se muestran las opciones más utilizadas de pórticos transversales, con anotaciones sobre el concepto estructural y las solicitaciones internas debidas a las cargas gravitatorias.

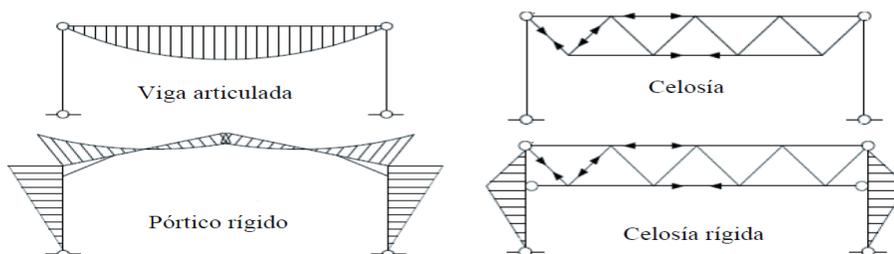


Figura 2.2 Estructura básica de las naves industriales

Fuente: ITEA.

2.3- Análisis Estructural.

Advance Steel es un programa especializado en el diseño arquitectónico, pero posee un grupo de facilidades para el trabajo conjunto con software especializados en el cálculo estructural. Otra desventaja es que se tiene que dominar estos softwares para poder realizar el análisis estructural, en nuestros países no son utilizados estos softwares para realizar el análisis estructural. Para realizar el análisis estructural se utilizó el software SAP 2000 versión v.14.1.0, aunque se podría utilizar otras aplicaciones como CYPECAD, Diamonds, RSTAB, Robot Structures, STAAD, STRUDS, S-FRAME, SCIA, NISA, MidasGen, FEM Design, Modest y Fastrak. Para realizar el modelo de carga es necesario utilizar la NC 283 (2003) para estipular las cargas permanentes, la NC 284 (2003) para determinar el valor de las cargas de uso, la NC 285 (2003) para estimar la carga de viento, la NC 450 (2006) para considerar las combinaciones de cargas para realizar el diseño estructural y la NC 46 (1999) para determinar las acciones sísmicas, en caso de encontrarse en una zona que lo requiera. Para realizar el análisis estructural fue necesario utilizar la NC 53-94 (1983).

2.3.1- Método de análisis de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD).

El método Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD del acrónimo en inglés *Load and Resistance Factor Design*), es el método utilizado para realizar el análisis estructural, el cual se basa en el diseño plástico y en la carga última. Las especificaciones del LRFD se concentran en requisitos muy específicos relativos a los estados límite de resistencia y permiten cierta “libertad” en el área de servicio. En este método, las cargas de trabajo o servicio, se multiplican por factores de carga o “de seguridad”, que son casi siempre son mayores que 1 y se obtienen las cargas últimas o factorizadas usadas para el diseño de la estructura. Las magnitudes de los factores de carga varían, dependiendo del tipo de combinación de las cargas. El propósito de los factores es incrementar las cargas para tomar en cuenta las incertidumbres implicadas al estimar las magnitudes de las cargas vivas, muertas y accidentales durante la vida útil de la estructura. El valor del factor de carga usado para cargas muertas es menor que el usado para cargas vivas, ya que los proyectistas pueden estimar con más precisión las magnitudes de las cargas muertas que las de las cargas vivas. La estructura se proporciona para que tenga una

resistencia última de diseño suficiente para resistir las cargas factorizadas. Esta resistencia se considera igual a la resistencia teórica o nominal, R_n , del miembro estructural, multiplicada por un factor de resistencia Φ , que es normalmente menor que 1. Con este factor, se intenta tomar en cuenta las incertidumbres relativas a resistencia de los materiales, dimensiones y mano de obra, etc.

2.4- Creación del Modelo Físico Detallado.

El Modelo Físico Detallado es el modelo definitivo del proyecto, es de donde Autodesk Advance Steel obtiene la información para realizar los planos, vistas, cortes y los listados de materiales, por lo cual tiene que tener un nivel de detalle excelente. Para crear el Modelo Físico Detallado primeramente hay que crear las mallas, ya que estas permiten localizar los objetos en el modelo. Luego se crean las vistas para facilitar la creación del modelo, se aconseja crear las vistas según líneas de mallas. El siguiente paso a grandes rasgos es crear los objetos como vigas, columnas, rigidizadores, etc. Utilizando la base de datos de componentes se crean las uniones de los diferentes elementos que componen la estructura. De esta forma se crea el modelo físico detallado en el software Advance Steel. Se tiene que crear un modelo para cada proyecto de Advance Steel, el contiene toda la información. Cada modelo se guarda en su propia carpeta titulada Autodesk Advance Steel por defecto o la especificada por el usuario. Solo se puede tener un modelo abierto.

La figura 2.3 muestra en resumen los pasos a seguir para realizar el modelo físico detallado.

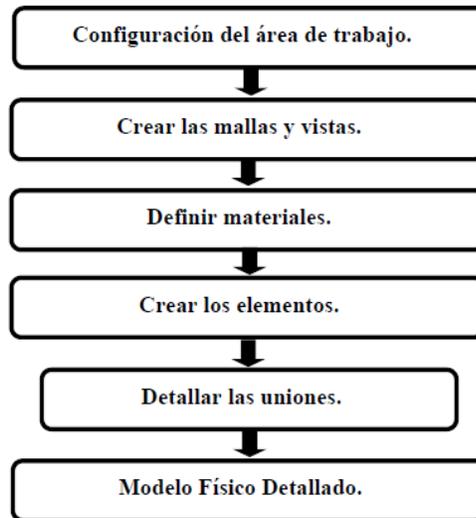


Figura 2.3 Esquema para crear el Modelo Físico Detallado

Fuente: Realizado por el autor.

2.5-Definiciones de las principales características del software Advance Steel

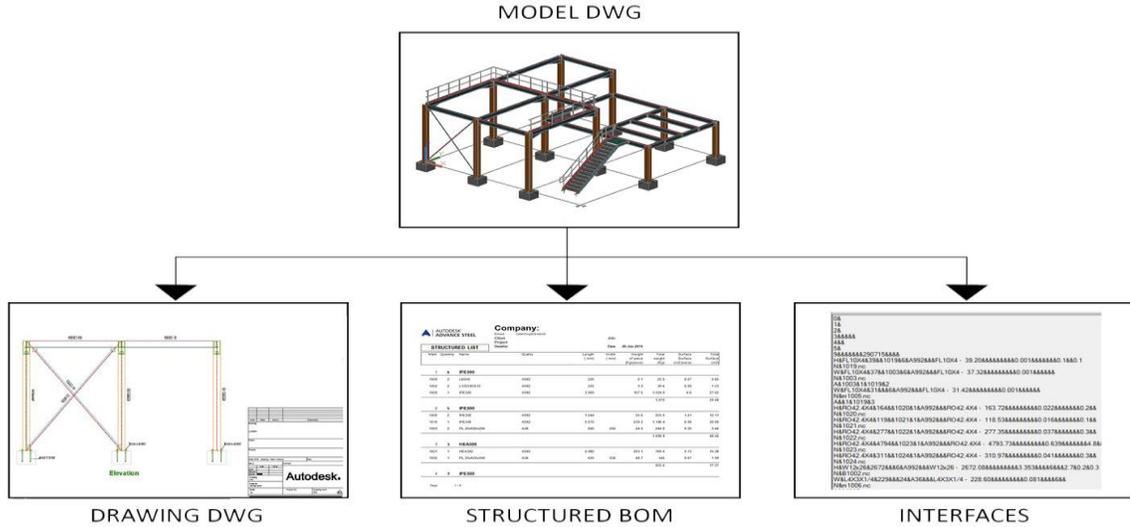
Advance Steel es una aplicación de construcción de acero de vanguardia diseñada para profesionales del acero. Proporciona un entorno de trabajo simple y fácil de usar para crear modelos estructurales 3D a partir de los cuales se crean dibujos.

El modelo tridimensional se crea y almacena en un dibujo (en formato DWG). El modelo Advance Steel forma la base de la construcción 3D. Las estructuras complejas se crean utilizando elementos estructurales de Advance Steel (por ejemplo, una escalera) con todas las características, juntas y conexiones requeridas dentro de un comando.

El modelo Advance Steel se convierte en la referencia maestra para otras herramientas:

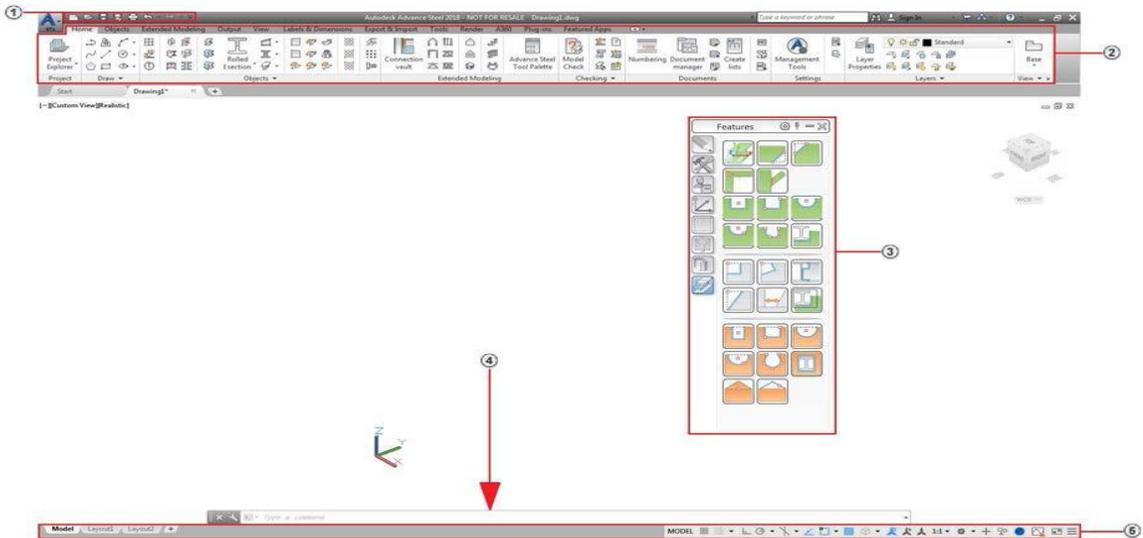
- La disposición general dimensionada y etiquetada y los dibujos de taller se crean automáticamente a partir del modelo.
- El Administrador de documentos avanzado gestiona todos los arreglos generales y los dibujos de la tienda. La herramienta de actualización en el Administrador de documentos permite realizar ajustes de dibujo con un solo clic después de los cambios de modelo.

- Las listas de materiales estructuradas (listas de materiales) y la información NC también se crean a partir del modelo e incluyen toda la información del modelo, como marcas de piezas y cantidades. El administrador de documentos también controla estos documentos



2.6-Configuración del área de trabajo

Advance Steel está completamente integrado en AutoCAD®. Los paneles Advance Steel se agregan a la cinta AutoCAD®.



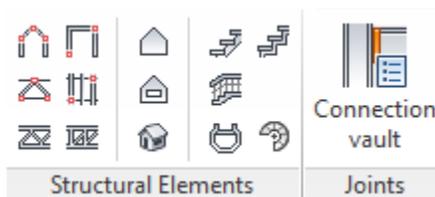
1- La barra de herramientas de acceso rápido:

Proporciona acceso rápido a las herramientas más utilizadas. Para agregar una herramienta Advance Steel a la barra de herramientas de acceso rápido, haga clic con el botón derecho en el botón de cinta y seleccione Agregar a la barra de herramientas de acceso rápido.

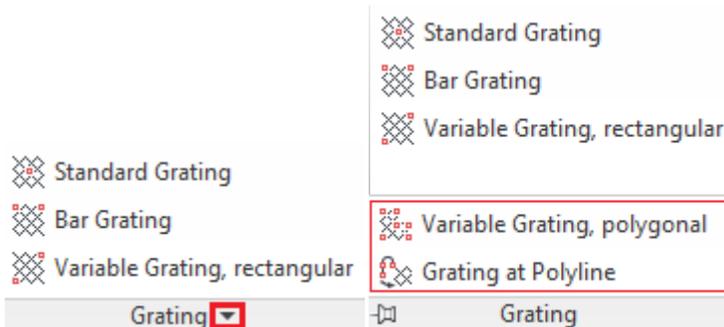
La barra de herramientas de acceso rápido se puede colocar encima o debajo de la cinta.

2- La cinta:

Contiene una colección de paneles agrupados en pestañas, según el tipo. Para un acceso más fácil, las herramientas principales se encuentran en la pestaña Inicio. En los paneles, las herramientas se agrupan en diferentes filas e incluyen botones grandes para las funcionalidades más utilizadas.



Algunos paneles se pueden expandir haciendo clic en la flecha en la línea inferior.



La cinta se puede minimizar, ampliando así el área de dibujo.

3-Paletas de herramientas:

Contiene otras herramientas, complementarias a las funcionalidades disponibles en la cinta Advance Steel.

4- Línea de comando>

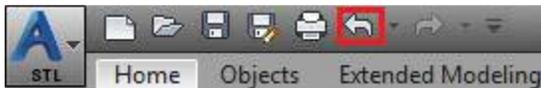
Permite que los comandos de Advance Steel se ingresen usando el teclado. Presione <Intro> después de cada entrada.

5- Barra de estado:

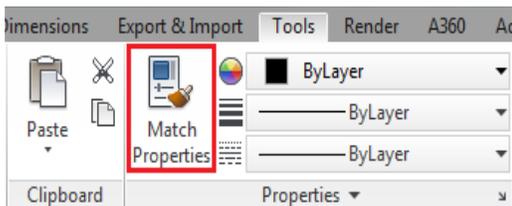
Muestra información sobre el estado del programa durante las diferentes fases del proyecto. También proporciona acceso a la configuración de ciertos parámetros: modos de ajuste, contenido de información sobre herramientas de objetos, sistema de coordenadas actual y unidades de trabajo.

Otras herramientas importantes para usar Advance

- Para cancelar un comando, presione la tecla Esc.
- El comando y las indicaciones actuales se muestran en la ventana de la línea de comandos en la parte inferior de la pantalla. Presione la tecla F2 para abrir y cerrar la ventana de la línea de comando.
- El clic derecho del mouse se comporta como la tecla Enter.
- Cuando el cursor se desplaza sobre un botón de cinta, aparece la información sobre herramientas del botón.
- El comando Deshacer en la barra de herramientas de acceso rápido cancela uno o varios comandos.

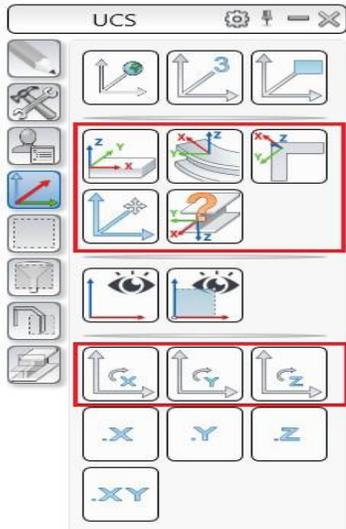


- El comando Propiedades de coincidencia copia propiedades de un objeto a otro. Las propiedades transferidas se seleccionan de la lista dada.



Advance Steel UCS

Los objetos de Advance Steel se crean en el espacio 3D utilizando las herramientas apropiadas y su orientación depende del Sistema de coordenadas de usuario (UCS) actual. Para colocar los sistemas de coordenadas en la posición correcta, use la paleta de herramientas Advance Steel UCS.



Acceso a las propiedades del elemento

Cuando crea un elemento Advance Steel, aparece un cuadro de diálogo en el que se pueden cambiar diferentes configuraciones y estilos de dibujo.

Hay varias formas de acceder a las propiedades del elemento:

- En la paleta de herramientas, haga clic en 
- Haga clic con el botón derecho en el elemento y seleccione Propiedades avanzadas en el menú contextual.
- Haga doble clic en el elemento.

2.7-Modo de trabajo del software en 3D

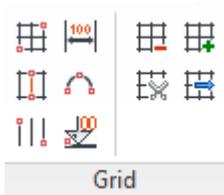
Los objetos avanzados se crean en el espacio 3D utilizando diversas herramientas de programa. La orientación del objeto depende del UCS (Sistema de coordenadas del usuario) actual.

- ✓ Crear una cuadrícula de construcción

La cuadrícula es útil para colocar elementos de construcción y para orientación en la vista 3D. Colocar ejes de cuadrícula es el primer paso del modelado 3D en Advance.

Se crea una cuadrícula de construcción en el plano X / Y del sistema de coordenadas actual y consta de dos grupos de ejes independientes: en las direcciones X e Y. Las

herramientas del eje de cuadrícula se agrupan en el panel Cuadrícula de la pestaña Objetos

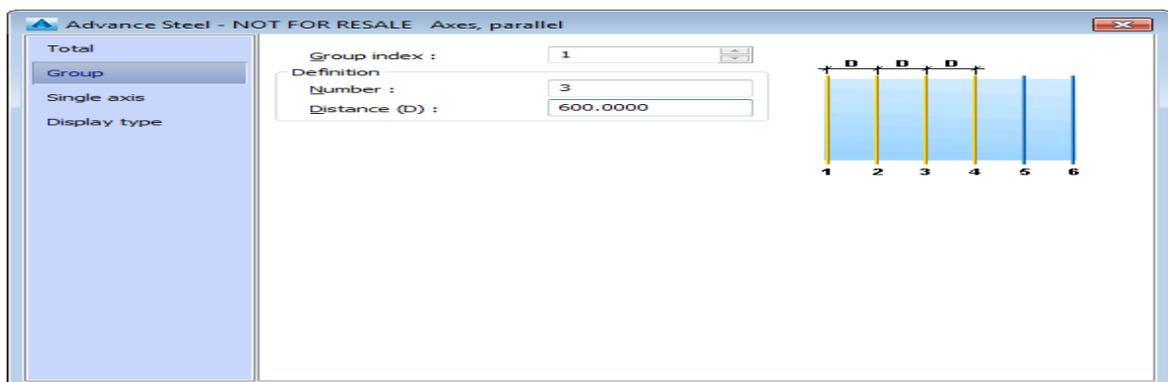


✓ A continuación, modifique el número de ejes en cada grupo.

1. Seleccione el grupo del eje X.
2. Haga clic derecho y seleccione Propiedades avanzadas en el menú contextual. Aparece el cuadro de diálogo Ejes paralelos. Todas las modificaciones se hacen aquí.

✓ Para modificar el número de ejes:

1. Haga clic en la pestaña Grupo.
2. Establezca el Número en 3. Tenga en cuenta que el valor de la distancia se calcula automáticamente. El nuevo valor en la definición de Distancia debe ser 6000.



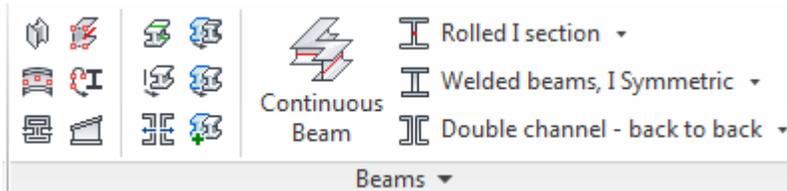
El modelo cambia dinámicamente a medida que se ingresan los valores o se seleccionan nuevos valores, lo que proporciona información visual instantánea.

Repita los mismos pasos para los ejes en la dirección Y, pero establezca la definición de Número en el Grupo pestaña a 4.

✓ Creando columnas

Las columnas se crean directamente en el modelo y se muestran, de forma predeterminada, en el modo Estructura alámbrica.

Las columnas se crean como secciones simples, secciones compuestas, secciones curvas o secciones soldadas. La creación de la columna se realiza utilizando el comando Columna en el panel Vigas, pestaña Objetos.



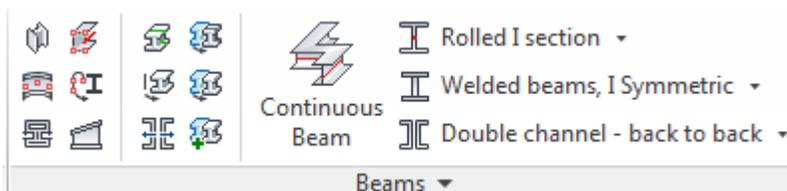
El comando también se puede encontrar en el panel Objetos, en la pestaña Inicio.

Las columnas simplemente se colocan en el modelo. Puede colocar tantas columnas como necesite. Para salir del comando, presione las teclas Esc o Enter o haga clic con el botón derecho del mouse.

✓ Creando vigas

Las vigas se crean directamente en el modelo y se muestran, de forma predeterminada, en el modo Estructura alámbrica.

De antemano, hay una variedad de diferentes tipos de vigas disponibles. Las vigas se crean como secciones simples, secciones compuestas, secciones curvas o secciones soldadas. La creación de la viga se realiza utilizando las herramientas en el panel Vigas, pestaña Objetos.



Las herramientas de creación de vigas más utilizadas se agrupan en el panel Objetos, en la pestaña Inicio.

Vigas rectas

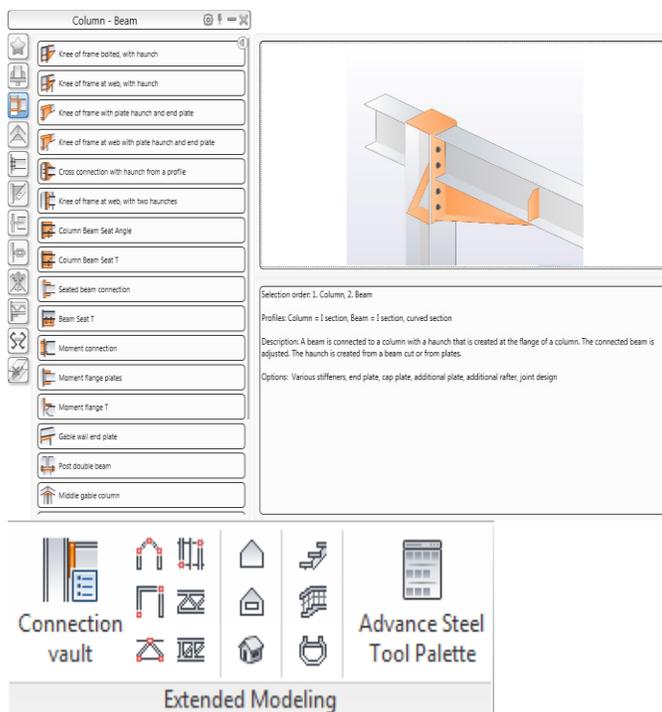
✓ Conexiones automáticas de acero

Advance Steel lo ayuda a mejorar la productividad al proporcionar una biblioteca paramétrica de conexiones de acero.

Todos los elementos de unión individuales, incluidas sus propiedades, se mantienen juntos y se representan como un objeto de conexión de cuadro gris.

Todas las partes de un elemento estructural están relacionadas entre sí y su altura, posición, sección, etc., se cambian en un solo paso.

Las juntas están disponibles  en la Bóveda de conexiones, a la que se puede acceder desde el panel de Modelado extendido de la pestaña Inicio. Las articulaciones se agrupan en categorías según el tipo de miembros individuales.



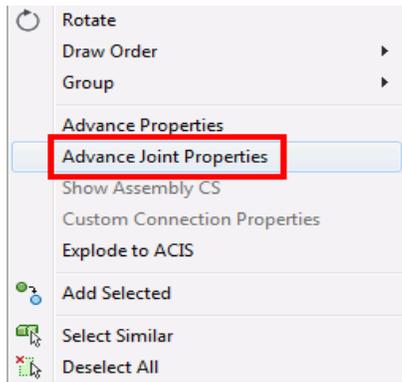
Las juntas de uso frecuente se pueden agrupar en la categoría Favoritos para un acceso más rápido.



Acceso a propiedades conjuntas

Para acceder al diálogo de propiedades conjuntas:

- Haga doble clic en el objeto de conexión (el cuadro gris).
- Seleccione un elemento de unión, haga clic con el botón derecho y seleccione Propiedades de unión avanzadas en el menú contextual.



✓ Creando un refuerzo

Puede crear un arriostramiento utilizando el comando Arriostramiento en la cinta. Para acceder al comando Arriostramiento:

✓ Insertar una barandilla

El comando Pasamanos en la cinta crea fácilmente un pasamanos a lo largo de una viga, entre los puntos seleccionados. Simplemente seleccione la viga y los puntos entre los cuales desea que se ejecute la barandilla y la barandilla se crea automáticamente.

✓ Insertar escaleras rectas

Puedes crear escaleras fácilmente; utilizando los comandos de creación de escaleras (escaleras rectas, en espiral o escaleras de jaula) en la cinta.

✓ Cheque de choque

Una prueba de choque prueba si hay interferencias en el modelo. Las interferencias de objetos pueden deberse a varias modificaciones realizadas en placas, tornillos, miembros y sus conexiones. Esta herramienta encuentra todos los casos de interferencia para que se reparen en el modelo antes de crear el dibujo.

La función Advance Clash Check verifica los elementos seleccionados o todo el modelo. Las interferencias se muestran como sólidos de colisión roja y se enumeran en una ventana de texto.

✓ Numeración

La herramienta de numeración avanzada numera automáticamente piezas individuales y ensamblajes para todo el modelo. La numeración encuentra partes idénticas que deberían tener el mismo número.

El procedimiento de numeración es una función de un solo botón y funciona en todo el modelo o en elementos seleccionados.

Con numeración automática, todas las vigas y placas obtienen una única marca de pieza. Todos los demás elementos se clasifican como partes adjuntas. La numeración de piezas individuales y piezas de ensamblaje se realiza en un solo paso o por separado. Las herramientas de numeración se agrupan en el panel Marcas de parte de la pestaña Salida.



2.8-Modo de trabajo del software en 2D

Los dibujos 2D se obtienen después del diseño y la numeración del modelo 3D.

Advance Steel ofrece una variedad de estilos de dibujo para la creación de dibujos de disposición general, secciones y dibujos de taller en varios diseños.

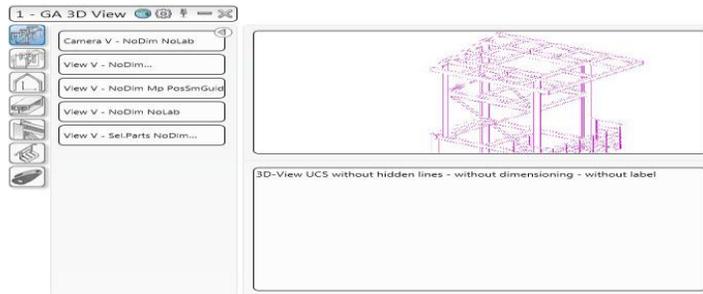
Un estilo de dibujo es un grupo de instrucciones utilizadas para crear un dibujo detallado. Define cómo se muestran, etiquetan y dimensionan los elementos.

Los estilos de dibujo crean automáticamente dibujos con un diseño configurado exactamente según los requisitos del usuario. Los estilos de dibujo se usan de manera similar a los estilos de cota, estilos de línea, etc. de AutoCAD

Los estilos contienen varias configuraciones (partes mostradas, vista, dimensión, etiquetado, representación, etc.) en tablas de bases de datos (bibliotecas). Los estilos están disponibles en el Administrador de estilos de dibujo) tab Pestaña Salida

Panel del Administrador de documentos.

La selección preferida de los estilos de dibujo existentes se muestra en la Paleta de estilos de dibujo.



Las reglas incluidas en un estilo de dibujo pueden modificarse. También puede definir sus propios estilos de dibujo.

El estilo de dibujo distingue entre piezas individuales y ensamblajes y se utiliza para la creación de dibujos. Las herramientas para crear dibujos se agrupan en Paletas de documentos rápidos.

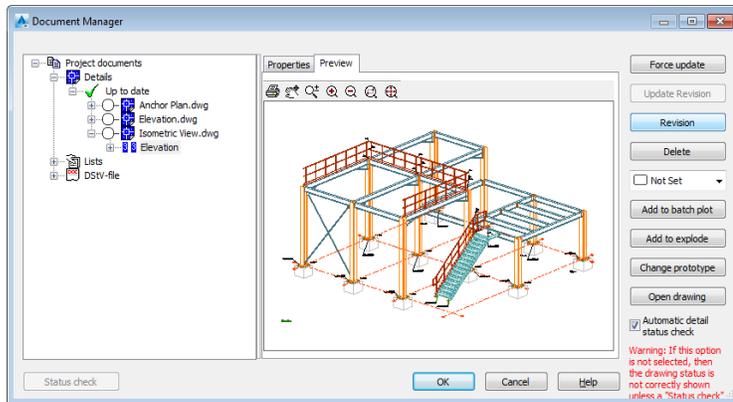
Hay tres paletas de documentos rápidos:

1. La paleta Estilos de dibujo
2. La paleta Procesos de dibujo
3. La paleta de plantillas BOM

Las paletas le permiten explorar y usar rápidamente estilos de dibujo y procesos de dibujo para creaciones de dibujo, así como plantillas de lista para creaciones de lista de lista de materiales. Las categorías están representadas por imágenes intuitivas.

Paleta de procesos de dibujo





El Administrador de documentos enumera todos los dibujos creados, la lista de materiales / listas de materiales estructuradas y los datos NC creados a partir del modelo. Los documentos se muestran en la pestaña Vista previa.

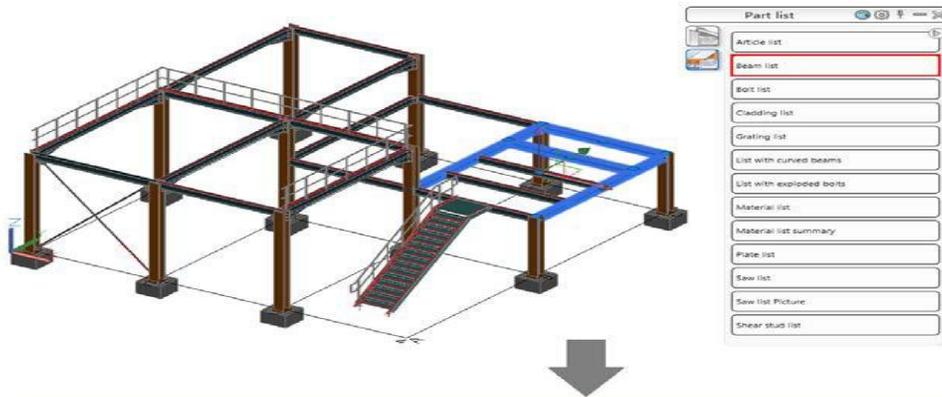
Crear dibujos de la tienda

2.8.2-Generacion del listado de materiales

Para crear rápidamente una lista de lista de materiales, debe acceder a las plantillas de lista de materiales preferidas, utilizando la plantilla Documentos rápidos - Lista de materiales.

1-Puede abrir la paleta de plantillas BOM de documentos rápidos desde la pestaña Salida Panel de documentos

2-Para crear una lista, haga clic en cualquiera de las plantillas disponibles.



Beam list

AUTODESK ADVANCE STEEL

Company: Extract DetailDwgExtractant
Client: Client
Project: Project
Detailer: Detailer

Job: Date: 28-Jan-2016

Mark	Name	Quantity	Quality	Length (mm)	Weight per meter (Kg/m)	Weight of piece (Kg/piece)	Total weight (Kg)	Surface of piece (m2/piece)	Total Surface (m2)	Description
20	IPE300	1	A992	3,969	42.2	167.5	167.5	4.6	4.6	
23	IPE300	1	A992	3,973	42.2	167.7	167.7	4.61	4.61	
29	IPE300	2	A992	5,670	42.2	239.3	478.5	8.58	13.19	
1000	L80x8	6	A992	220	9.7	2.1	12.8	0.07	0.41	
1002	L120x80x10	2	A992	220	15	3.3	6.6	0.09	0.17	
		12					833		22.95	
		12					833		22.95	

Una vez que se crea la lista, se abrirá en el Visor de BOM y se puede guardar y registrar en el modelo.

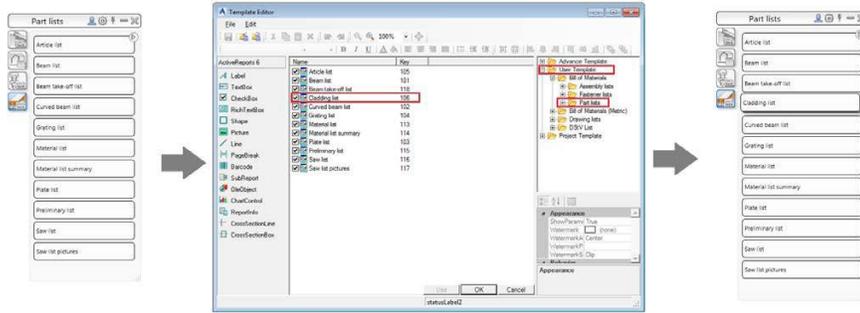
Para agregar o eliminar plantillas BOM de la categoría Usuario de plantillas BOM - Paleta de documentos rápidos, debe establecer el estado de la casilla de verificación asociada a la lista de plantillas BOM en el (Editor BOM) (pestaña Salida tab pestaña Administrador de documentos).

Nota: Cambiar la categoría de contenido de la paleta: Avanzado / Usuario / País: puede cambiar de categoría haciendo clic en el primer icono en la barra de título de la paleta; el contenido de la paleta cambiará según la categoría elegida:



Los iconos difieren para cada categoría:



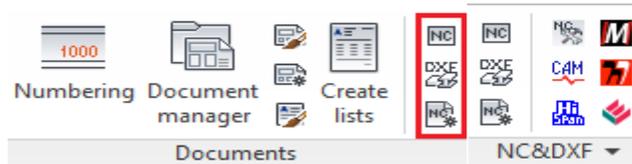


2.8.3-Creacion de datos CNC

Advance Steel produce archivos CNC (formato DSTV) para maquinaria de taller directamente desde el modelo 3D. Puede seleccionar un objeto modelo o el modelo completo para crear estos tipos de archivos.

Puede acceder a los comandos para la creación de datos del CNC desde:

- La pestaña Salida panel NC y DXF
- La pestaña Inicio panel Documentos



2.9-Racionalizacion de las cimentaciones

En el diseño estructural de las naves industriales generalmente las columnas se articulan o empotran directamente a los cimientos, de esta forma el cimiento transmite todas las solicitaciones de momento y cargas verticales al suelo, de esta manera este cimiento tiene que ser recrecidos para poder resistir los momentos actuantes.

Ejemplo de un pórtico modelado normalmente

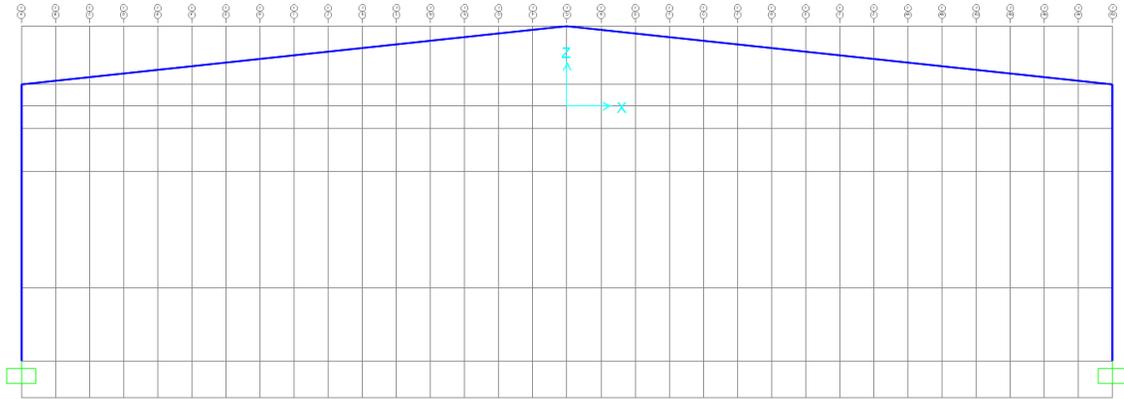


Figura 2.1: Modelo para el análisis de naves industriales con cimentaciones normales en SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

Luis Sixto (1996) plantea la posibilidad de vincular las columnas y pisos para que estos últimos se integren con las columnas y poder resistir cargas laterales.

Teniendo en cuenta esta importante recomendación podemos modelar el pórtico considerando un simple apoyo en la posición donde iría el piso, de esta forma la reacción que origina los momentos del pórtico contrarresta la acción del momento actual.

Ejemplo de lo dicho anteriormente

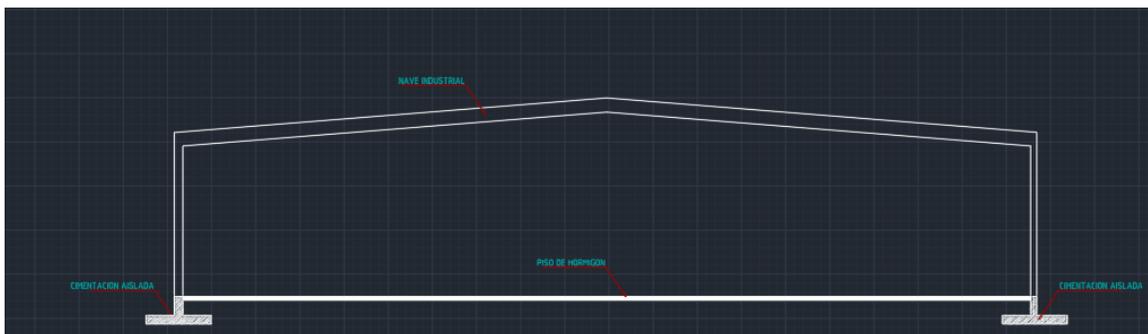


Figura 2.2: Modelo de una nave industrial mostrando el piso

Fuente: Elaborado por el autor

Cuando se considera la influencia del piso para el diseño de la cimentación se analiza el pórtico como se muestra en la siguiente figura donde se atribuye el piso como simple

apoyo conectado a los cimientos.

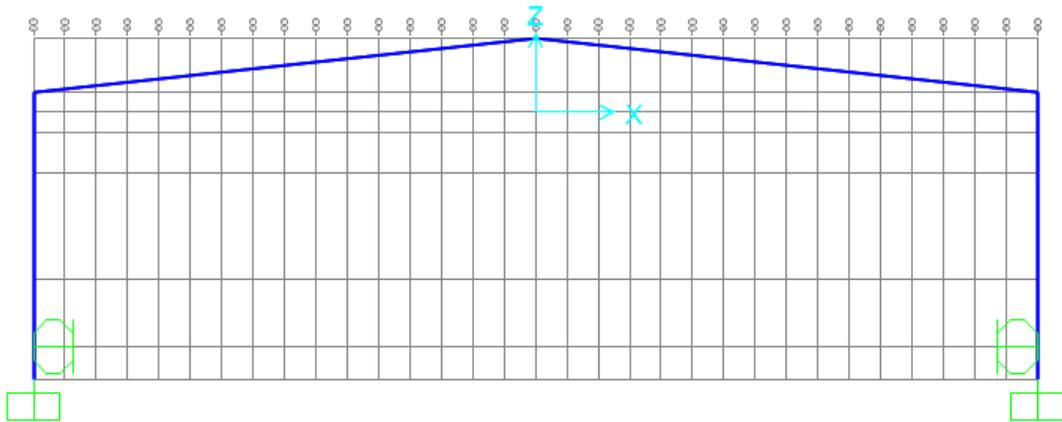


Figura 2.3: Modelo para el análisis de naves industriales con cimentaciones racionalizadas en SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

Este simple apoyo compensa toda la fuerza cortante y el momento que llega al fondo de la cimentación como se muestra en la siguiente figura.

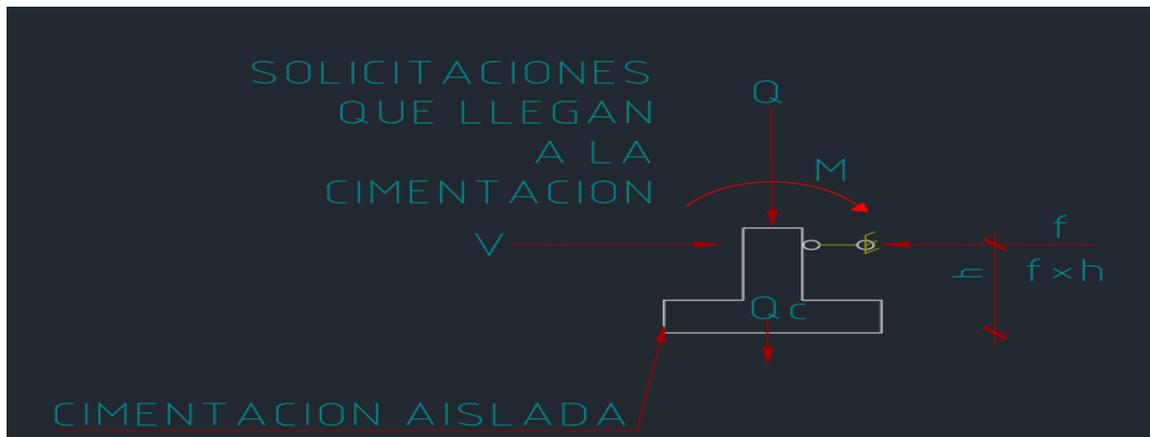


Figura 2.4: Modelo de una cimentación racionalizada

Fuente: Elaborado por el autor

Conclusiones Parciales

1. Con la elaboración de la guía de trabajo para la utilización del *software* BIM Advance Steel, se logra facilitar al usuario su incursión en el software para la realización de proyectos de naves industriales metálicas.
2. La etapa inicial de aplicación del software requiere de ciertas condiciones para su posterior aprovechamiento, siendo la principal, la selección del personal y su capacitación.
3. Mediante la utilización del software Advance Steel se disminuye el tiempo dedicado a la realización de planos e informes, tomando el proyectista más tiempo para el análisis estructural y otras actividades.

Capítulo 3: “Aplicación de la guía de trabajo propuesta en el proyecto de una nave industrial metálica y su cimentación”.

En el capítulo se realizó un proyecto de una nave industrial metálica, en el cual se utilizó la guía de trabajo propuesta en el capítulo anterior, a grandes rasgos, se definen las características fundamentales de la nave industrial a proyectar, se realiza el análisis estructural en el caso de estudio utilizando el *software* SAP 2000 v.20. Luego de realizar las actividades anteriores, se modela la estructura en el software Advance Steel, para crear el modelo físico detallado y posteriormente generar los planos ejecutivos y los listados de materiales.

3.1 Definición de las características principales del modelo físico.

La nave a proyectar es para un edificio central de oficinas y otros servicios administrativo y comercialización, bloque técnico y de mantenimiento, una red de vial, áreas de parqueo y patios de servicio, ubicado en el Parque Industrial para la zona Especial de desarrollo Mariel (ZED Mariel). Básicamente se han previsto un total de 16 naves modulares de 87,4x30m con un área total ocupada de 2550m² por nave y 2929m² construida con un puntal libre interior bajo estructura de 7m y una altura total de la edificación de 9m, ocupando un total general de 43026m². La cubierta es ligera conformada por viguetas metálicas laminadas en caliente (pulings), es a dos aguas con una mínima pendiente del 3 %. Las columnas serán preferiblemente de hormigón armado prefabricado y acero de refuerzo G-40.

3.2 Análisis estructural de la Nave Industrial.

Las cargas actuantes sobre la estructura son las cargas permanentes (G), cargas de uso (Q) y cargas de viento (W), no se tendrá en cuenta la carga sísmica ya que la nave se construirá en el Mariel.

Las cargas permanentes actuantes en la estructura son:

- ✓ Peso propio de las planchas grecadas del sistema Metunas de 1 mm de espesor utilizadas en la cubierta y de recubrimiento de las fachadas 0.098 kN/m².

- ✓ Purlin de cubierta y de paredes CZ 225 de 3.0 de espesor con un peso propio de 0.10 kN/m.

El peso propio de los demás elementos estructurales, el SAP 2000 lo asume automáticamente al definir las secciones transversales y calidad de los materiales.

Carga permanente en las vigas de los pórticos extremos

Longitud tributaria=3m

Plancha grecada $G=3m \times 0,098 \text{kn/m}^2 = 0,294 \text{kn/m}$

Peso propio de un purlin $G=3m \times 0,10 \text{kn/m} = 0,3 \text{kn}$

Para facilitar el análisis, la carga puntual del purlin se distribuirá uniformemente sobre la viga, ya que en la viga hay 9 purlin y tienen una distribución uniforme, la carga puntual se multiplica por la cantidad de purlin y se divide por la longitud de la viga.

$G=0,3 \times 9 / 15 = 0,198 \text{kn/m}$

Carga permanente utilizada en las vigas de los pórticos extremos

$G=0,294 \text{kn/m} + 0,198 \text{kn/m} = 0,492 \text{kn/m}$

Carga permanente en los pórticos centrales

Longitud tributaria=6m

Plancha grecada $G=6m \times 0,98 \text{kn/m} = 0,588 \text{kn/m}$

Peso propio de un purlin $G=6m \times 0,10 \text{kn/m} = 0,6 \text{kn}$

$G=0,6 \times 9 / 15 = 0,36 \text{kn/m}$

Carga permanente utilizada en las vigas de los pórticos centrales

$G=0,588 \text{kn/m} + 0,36 \text{kn/m} = 0,948 \text{kn/m}$

En la figura 3.2 se pueden observar las cargas permanentes modeladas en SAP 2000

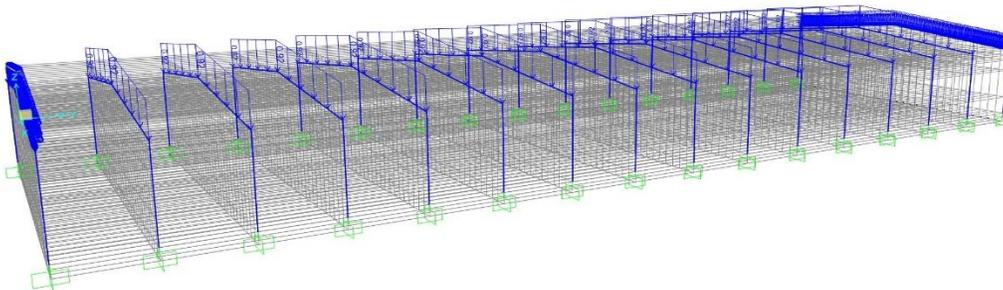


Figura 3.1: Modelado de las cargas permanentes en SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

Para el análisis de la carga de uso acudimos a la NC 284 (2003) y tomamos un valor de 0.8 kN/m² desagüe libre, accesible solo para mantenimiento.

Cálculo de la carga de uso (Q) para los pórticos extremos.

$$Q = 3\text{ m} \times 0.8\text{ kN/m}^2 = \mathbf{2.4\text{ kN/m}}$$

Cálculo de la carga de uso (Q) para los pórticos centrales.

$$Q = 6\text{ m} \times 0.8\text{ kN/m}^2 = \mathbf{4.8\text{ kN/m}}$$

A continuación, se muestra las cargas de uso modeladas en el software SAP 2000.

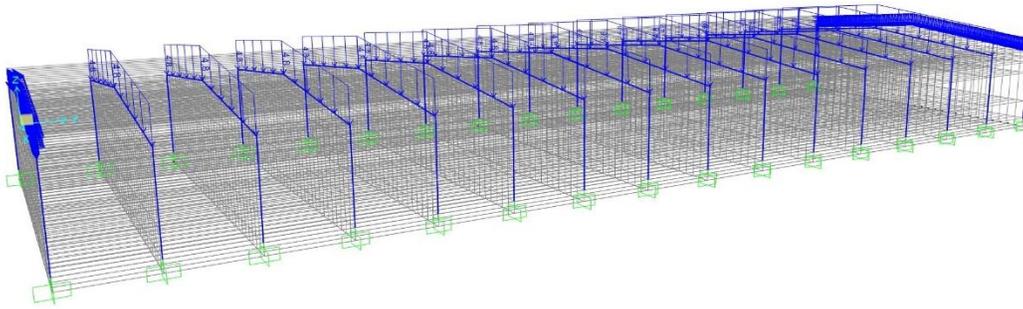


Figura 3.2: Modelado de las cargas uso en SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

Para determinar la carga de viento actuante en la estructura, se tomó la NC 285 (2003) como documento rector del análisis.

Carga unitaria característica total se calcula por la expresión:

$$q = q_{10} \times C_t \times C_h \times C_r \times C_s \times C_f \times C_{ra} \quad \text{kN/m} \dots\dots\dots 3.1$$

Donde:

q_{10} = presión básica del viento a 10 metros de altura, en kN/m² o kgf/m²

C_t = coeficiente de tiempo o recurrencia

C_h = coeficiente de altura

Cr = coeficiente de ráfaga

Cs = coeficiente de topografía o sitio

Cf = coeficiente de forma

Cra = coeficiente de reducción por área expuesta.

Se asume el tiempo de recurrencia de 50 y un coeficiente de tiempo (Ct) de 1.00

q10 = 1.3 kN/m² para la zona 1.

Cs = 1.0

Se considera un tipo de terreno tipo A.

Ch = 1

Cr = 1.22

Cra = 0.80

$\alpha = 10 \dots \dots \dots h/L = 10/30 = 0.33 \dots \dots \dots B/L = 90/3 = 30$

Valores del coeficiente de forma: barlovento= +0.8, C1 = -0.1, C2= -0.4 y C3= 0.5.

Barlovento= 1.02 kN/m², C1 = 0.14 kN/m², C2 = 0.48 kN/m², C3 = 0.56 kN/m²

Carga de viento para las columnas y vigas de los pórticos exteriores.

Barlovento= 1.02 kN/m² × 3m = **3.6 kN/m**

C1 = -0.14 kN/m² × 3m = **-0.42 kN/m**

C2 = -0.48 kN/m² × 3m = **-1.44 kN/m**

C3 = 0.56 kN/m² × 3m = **1.68 kN/m**

Carga de viento para los pórticos centrales.

Barlovento= 1.02 kN/m² × 6m = **6.12 kN/m**

C1 = -0.14 kN/m² × 6 m = **-0.84 kN/m**

C2 = -0.48 kN/m² × 6 m = **-2.88 kN/m**

C3 = 0.56 kN/m² × 6 m = **3.36 kN/m**

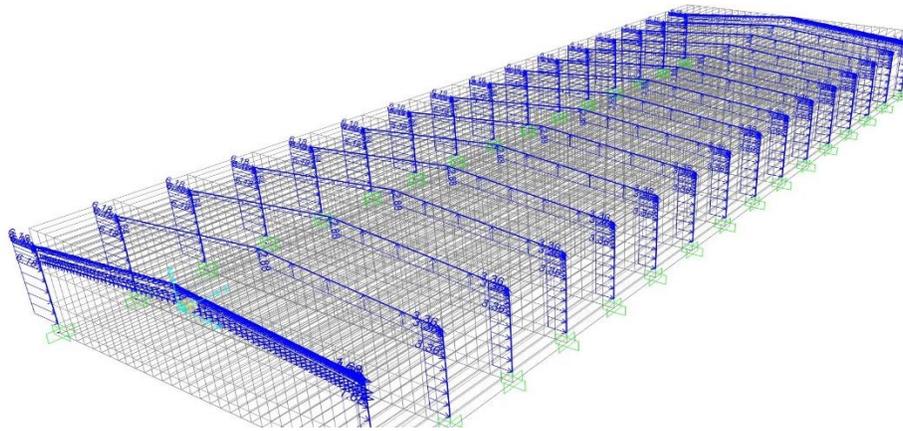


Figura 3.3: Modelado de las cargas viento en SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

Las combinaciones de carga establecidas para realizar el análisis estructural son:

1. 1.2 G + 1.5 Q + 0.9 W 3. 1.2 G + 1.6 Q
2. 1.2 G + 1.4 W

Definidas las cargas, definimos las secciones transversales de los elementos para realizar el predimensionamiento, se realizó partiendo de la tabla 8.1 del artículo Edificios de acero de una sola planta, Parte 2: Diseño conceptual, de la Steel Buildings in Europe (2008), las hipótesis asumidas para la elaboración de dicha tabla difieren de las definidas en el proyecto, pero para realizar la estimación de las secciones de los elementos nos es válida.

En dicha tabla los valores de entrada son las cargas permanentes y de uso factorizadas sobre la viga en kN/m, luz libre (m) y la altura de la columna (m).

$$\text{Cargas: } 1.2 G + 1.6 Q = 1.2 (1.1 \text{ kN/m} + 0.4 \text{ kN/m}) + 1.6 (4.8) = 8.2 \text{ kN/m}$$

Luz = 30 m, altura de columna 5 m.

Se toma para las vigas un perfil IPE 360, para las columnas un perfil HEA 260 y los arriostres horizontales y verticales un perfil L 110 con un espesor de 10mm.

Las uniones a tierra de las columnas serán empotradas, las uniones columna-viga y viga vigas de los pórticos será empotrado, los arriostres horizontales y verticales sus uniones a las vigas y columnas respectivamente serán empotradas.

Definidas las cargas, las combinaciones, calidad del acero, las uniones, vínculos a tierra y las secciones transversales de los elementos que componen la estructura resistente de las

naves industriales, proseguimos a obtener los esfuerzos interiores a los que están sometidos los elementos.

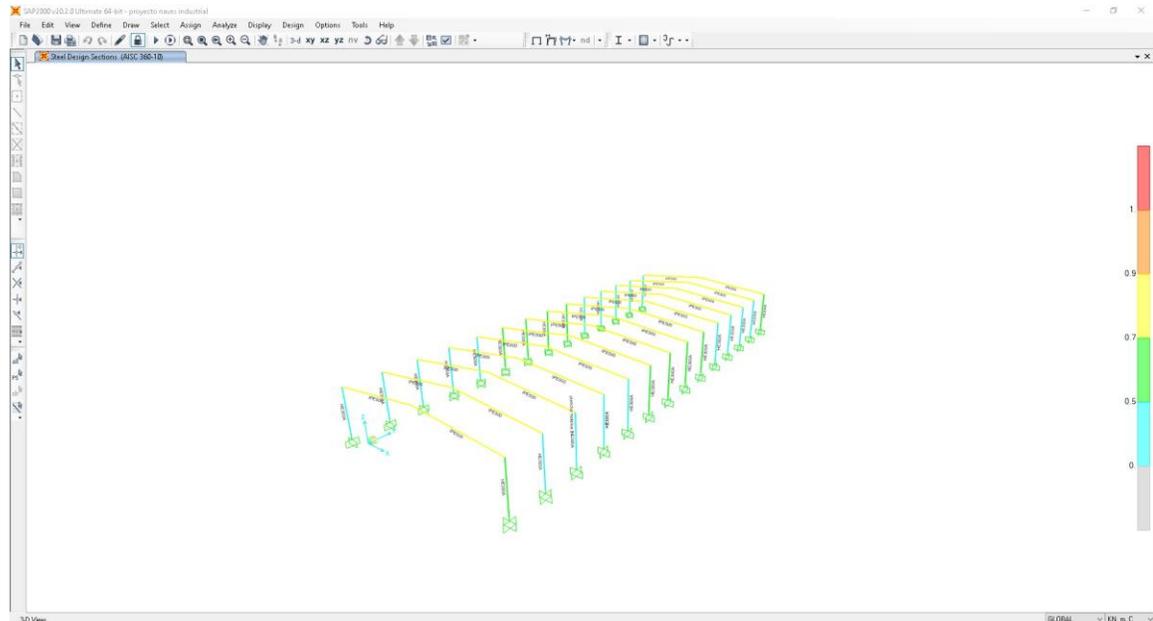


Figura 3.4: Revisión de elementos SAP 2000 v20

Fuente: Elaborado por el autor

El pórtico central resulto ser el más crítico, los valores de cortante, axial, momento y deformación se puede observar en la tabla 3.1 además se muestra en la imagen las ratios de la estructura (cargas soportadas/capacidad resistente del elemento) estando en el orden entre 0,5 a 0.9 en todos los elementos.

Tabla 3.1 Valores de esfuerzos interiores y deformación del pórtico central.

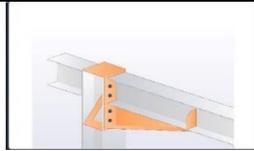
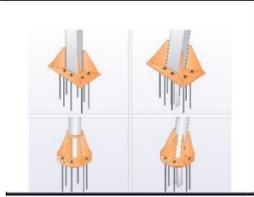
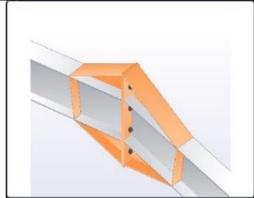
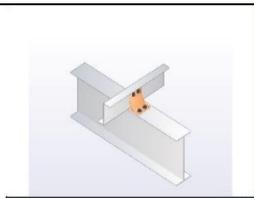
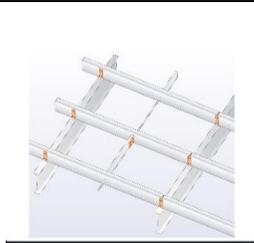
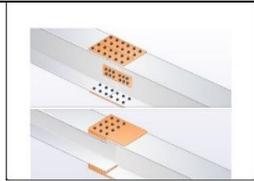
Elemento	Vu(kn)	Mu(kn/m)	Radio
Viga critica	80,1	198,47	0,824
Columna critica	20,38	133,18	0,527

3.3 Creación del modelo físico detallado.

Definidas las secciones de los elementos y las características de las uniones pasamos a crear el modelo físico detallado de la nave industrial en Advance Steel.

En la tabla 3.2 se puede observar los componentes utilizados de la base de datos de componentes para realizar el modelo físico detallado.

Tabla 3.2 Componentes utilizados en el modelado de la nave industrial.

Codo de pórtico atornillado con cartela		
Pletina base		
<i>Cartela de cumbrera doble</i>		
Unión entre correas		
Arriostramiento		
<i>Empalme</i>		

Para parametrizar los componentes se puede efectuar antes de crearlo, ejecutando doble clic en el icono del componente en la base de datos de componentes o en la barra de herramienta de componentes, o después de creado el componente realizando doble clic sobre él. Al realizar esta acción en la pantalla aparece un cuadro de diálogo, en el cual se puede modificar las propiedades del componente a las necesidades del proyecto.

En la figura 3.5 se puede observar el modelo físico detallado definitivo del caso de estudio, creado en el software Advance Steel.

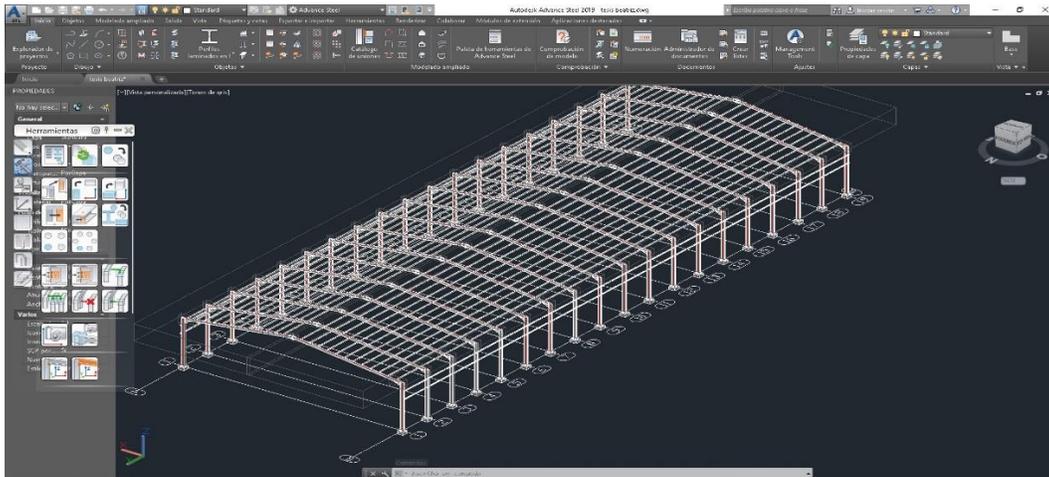


Figura 3.5: Modelo físico detallado creado en el software Advance Steel.

Fuente: Elaborado por el Autor.

3.4 Obtención de los planos ejecutivos.

Como se ha expresado Advance Steel genera de forma automática los planos que necesitamos obtener para el proyecto, a partir del modelo físico detallado por lo cual los detalles omitidos se arrastrarán a los planos, por lo cual el modelo físico detallado hay que realizarlo con la mayor exactitud posible.

Para el caso de estudio se realizaron la lista planos que se muestran en la tabla 3.3 (Ver Anexos 1).

Tabla 3.3 Listado de plano del proyecto.

No	Nombre del plano	Fichero
1	Plano en planta	PLAE 001
2	Vista en 3D con etiquetas	PLAE 002

3	Plano de vistas	PLAE 003
---	-----------------	----------

Para facilitar la generación de planos se obtuvieron a partir de la base de datos de dibujos maestros, por ejemplo, el plano No. 1 Isométrico de la Nave Industrial se generó a partir de la plantilla A1-3D-CON ETIQUETAS, al crear los planos no están listos para impresión, presentan detalles por mejorar como el acotado, los nombres de los cortes y detalles, que se pueden corregir fácilmente.

Antes de crear los planos hay que realizar la numeración del modelo, es recomendable crear una numeración por defecto, en la configuración de numeración y enumerar el modelo cada vez que se inicie o cuando finalice el trabajo en el modelo.

3.5 Generación de listados de materiales.

Advance Steel facilita generar listados de materiales, disminuyendo al proyectista el tiempo dedicado a esta actividad sensiblemente, por lo cual puede dedicarles más tiempo a otras actividades.

Para el caso de estudio fueron necesario realizar el listado de materiales, listado de ensamblaje (*assemble list*) y listado de pernos (*bolt list*). Ambos listados se pueden observar en el Anexos 2.

Con el listado de ensamblaje se obtiene la siguiente información:

- ✓ Número de ensamblaje, de acorde a la numeración realizada.
- ✓ Cantidad de veces que se repite el elemento en el modelo.
- ✓ Nombre que le asignamos al elemento en la confección del modelo físico detallado.
- ✓ Perfil en con el que está conformado el elemento.
- ✓ Área de la sección transversal en metros cuadrados (m²).
- ✓ Peso de los elementos en kilogramos (kg).

Con el listado de pernos se obtiene una tabla con la siguiente información.

- ✓ Tornillo.
- ✓ Clase
- ✓ Longitud.

✓ Cantidad.

3.6-Análisis comparativo de los cimientos

Utilizando la metodología expuesta en capítulos anteriores se procedió al diseño de las cimentaciones, del modelo SAP se extrajeron los siguientes datos:

Momento actuante(M_u)=14t

Fuerza axial(P_u)=65t

Esta nave se construirá sobre relleno técnico por lo cual la resistencia del suelo(R_s) son 2kg/cm^2

El área de la cimentación se obtiene de dividir la fuerza axial actuante(P_u) entre la resistencia del suelo(R_s)

$$A = P_u / R_s$$

$$A = 65(t) / 20(t / \text{m}^2)$$

$$A = 3,25(\text{m}^2)$$

Para conocer la longitud de sus lados procedemos hallarle la raíz cuadrada al área obtenida.

$$a = \sqrt{3,25}$$

$$a = 1,80$$

La respuesta es un cimiento cuadrado de $1,8 \times 1,8$ pero como tiene también solicitación de momentos en la base procedemos a realizar el incremento de esta cimentación para que soporte la solicitación antes mencionada. Primero calculamos la excentricidad que es $= M_u$ (que llega a la base de la cimentación/la carga total que llega al suelo o sea el(P_u) más el peso del cimiento y el suelo sobre la base del mismo.

$$e = 17.45/75$$

$$e = 0.232 = 0.25$$

Luego procedemos a calcular la nueva longitud $= a$ (lado del cimiento) $+ 2e$

$$= 1.8 + 2(0.25) = 2.30$$

Entonces nos queda un cimiento rectangular de 1.80×2.30 . Si se aplica lo expuesto por Sixto (1996) el diseño de la cimentación pasaría de ser rectangular a cuadrado debido a la ausencia de momento por la presencia del simple apoyo en el análisis estructural lo que provocaría un ahorro de materiales.

$$1.80 \times 2.30 \times 0.30 = 1.25 \text{M}^3 (\text{cimentación normal})$$

$$1.80*1.80*0.30=0.97\text{M}^3(\text{cimentación racionalizada})$$

Si se multiplica por 30 que son la cantidad de cimientos aislados que contiene esta nave industrial y además por 16 que son el total de naves modulares de todo el proyecto arrojan los siguientes datos:

$$1.25*30*16=600\text{m}^3 \text{ de hormigón}$$

$$0.97*30*16=465 \text{ m}^3 \text{ de hormigón}$$

Esto muestra que si se utilizara el diseño racionalizado de cimentaciones para naves industriales se ahorra en esta obra un total de 135m^3 de hormigón, el ahorro de hormigón está en el orden del 25% de material a utilizar

Conclusiones Parciales.

1. El modelo físico detallado en Advance Steel contiene toda la información requerida para obtener los planos e informes necesarios, los cambios en el modelo se actualizan automáticamente en cualquiera de estas salidas.
2. El software BIM Advance Steel posee un grupo de herramientas de fácil interacción con el usuario que agilizan el modelado de las estructuras y obtención de planos e informes.

Conclusiones Generales.

1. La utilización de la tecnología BIM en la industria de la construcción en el mundo es una práctica cada vez más extendida y exigida, en Cuba el manejo de la tecnología está en período de introducción.
2. Se logró diseñar una guía de trabajo para la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas utilizando el *software* BIM Advance Steel.
3. Con la utilización del *software* BIM Advance Steel se logra la elaboración de proyectos de naves industriales metálicas más eficientes y mejor planificados que se traduce en ahorro de tiempo y dinero, reduciendo la posibilidad de errores o conflictos.
4. Con la utilización de la metodología de la racionalización de los cimientos le permite un ahorro de materiales en el diseño de las naves industriales metálicas.

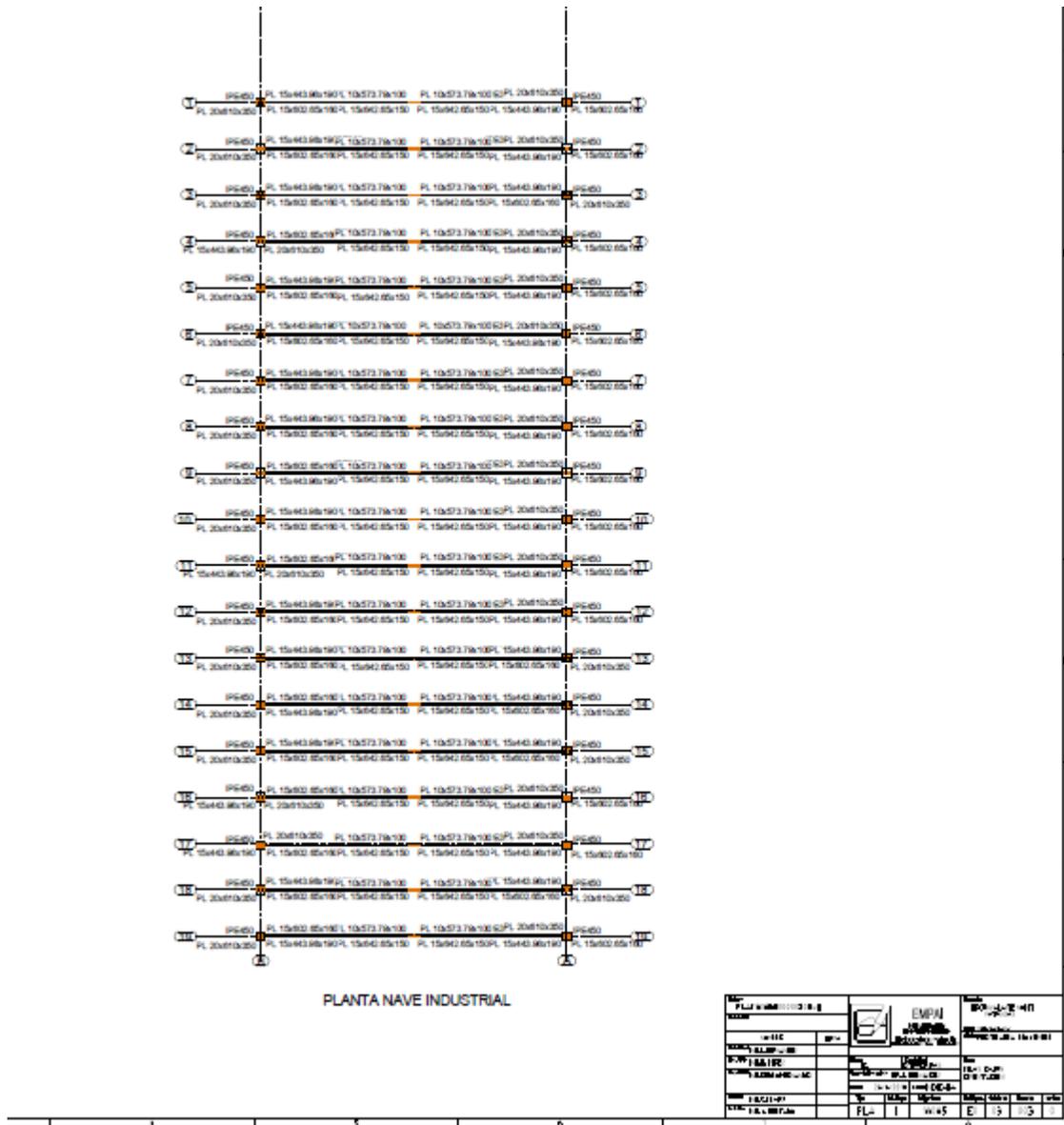
Recomendaciones

1. Continuar con el estudio del tema tratado, debido al aumento creciente de su utilización a nivel internacional y el poco conocimiento y utilización que se tiene en nuestro país.
2. Crear plantillas y macros determinadas acorde a la necesidad del usuario para proyectos específicos.
3. Utilizar este método de racionalización de las cimentaciones para los diseños de las naves industriales metálicas.

Anexos

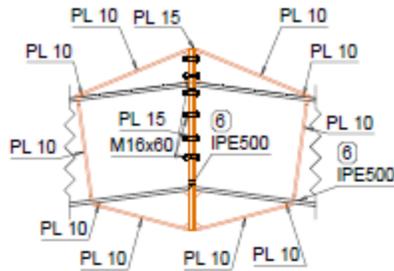
Anexo 1

Plano 1

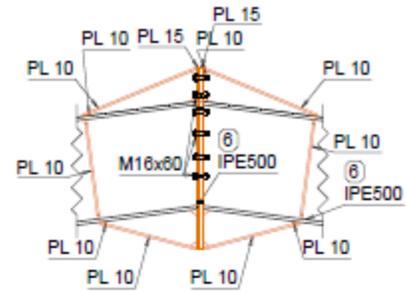


Plano 2

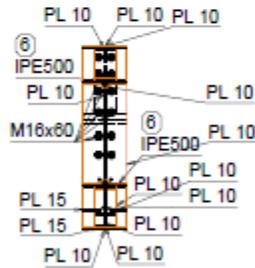
Plano 3



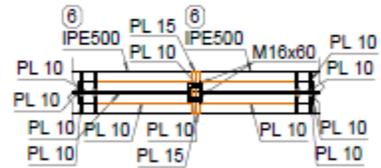
VISTA FRONTAL



VISTA TRASERA



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

 <p>EMPAI EMPRESA MEXICANA DE PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION Calle de la Industria 123 / Toluca, Mex. Tel: 01 (55) 5555 1234 / Fax: 01 (55) 5555 5678</p>	Plano de Despiece				
	Proyecto:		Nº Pieza:	Escala:	
	Nº :		Material:	Fecha:	Hoja:
	Folio:		Clase:	Material:	Hoja:
2	3	4	5	6	

Anexo 2

Lista de tornillos



Empresa:

Extracción DetailDwgExtract.xml

Cliente

Proyecto

Proyectista

Trabajo:

Fecha 06-jul.-2019

LISTA ESTRUCTURADA -

Marca	Cantidad	Nombre	Calidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Peso de la pieza (kg/pieza)	Total Peso (Kg)	Superficie Superficie (m2/pieza)	Total Superficie (m2)
6	19	IPE500							
1000	1	IPE500	S235JRG2	15,017		1,362.1	25,879.3	26.13	496.472
1001	1	IPE500	S235JRG2	1,090		58.9	1,119.3	1.896	36.024
1005	2	PL 10x466x94.9	S235JRG2	466	95	3.4	130.7	0.099	3.748
1006	1	PL 10x430.21x162.15	S235JRG2	430	162	3.1	58.8	0.089	1.689
1007	1	PL 10x465.64x100	S235JRG2	466	100	3.7	69.4	0.104	1.984
1008	1	PL 10x533.3x130.06	S235JRG2	533	130	3	57.6	0.089	1.688
1009	1	PL 10x573.79x100	S235JRG2	574	100	4.5	85.6	0.128	2.436
1012	1	PL 15x804.42x160	S235JRG2	804	160	15.2	288	0.286	5.441
1013	1	PL 15x844.42x200	S235JRG2	844	200	19.9	377.8	0.369	7.013
1016	8	M16 Na2W 55 EN 14399-4 10.9	10.9	55		0.2	31.5		
							28,097.9		556.496

6	19	IPE500							
1000	1	IPE500	S235JRG2	15,017		1,362.1	25,879.3	26.13	496.472
1001	1	IPE500	S235JRG2	1,090		58.9	1,119.3	1.896	36.024
1005	2	PL 10x466x94.9	S235JRG2	466	95	3.4	130.7	0.099	3.748
1006	1	PL 10x430.21x162.15	S235JRG2	430	162	3.1	58.8	0.089	1.689
1007	1	PL 10x465.64x100	S235JRG2	466	100	3.7	69.4	0.104	1.984
1008	1	PL 10x533.3x130.06	S235JRG2	533	130	3	57.6	0.089	1.688

Marca	Cantidad	Nombre	Calidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Peso de la pieza (kg/pieza)	Total Peso (Kg)	Superficie Superficie (m2/pieza)	Total Superficie (m2)	
	1009	1	PL 10x573.79x100	S235JRG2	574	100	4.5	85.6	0.128	2.436
	1012	1	PL 15x804.42x160	S235JRG2	804	160	15.2	288	0.286	5.441
	1013	1	PL 15x844.42x200	S235JRG2	844	200	19.9	377.8	0.369	7.013
	1016	8	M16 Na2W 55 EN 14399-4 10.9	10.9	55		0.2	31.5		
	1017	12	M16 Na2W 60 EN ISO 4017 8.8	8.8	60		0.2	39.4		
								28,137.3		556.496
	7	38	IPE300							
	1002	1	IPE300	S235JRG2	6,985		294.8	11,200.9	8.102	307.893
	1011	1	PL 15x292.65x190	S235JRG2	293	190	6.5	248.8	0.126	4.776
	1014	1	PL 20x460x310	S235JRG2	460	310	22.4	850.8	0.316	12.008
								12,300.5		324.677
	8	26	C160X2							
	1003	1	C160X2	S235JRG2	81,774		326.3	8,483.2	42.686	1,109.834
								8,483.2		1,109.834
	9	2	C220X3							
	1004	1	C220X3	S235JRG2	81,774		590.4	1,180.8	51.763	103.526
								1,180.8		103.526
	10	38	PL 10x460x310							
	1010	1	PL 10x460x310	S235JRG2	460	310	11.2	425.4	0.301	11.423
								425.4		11.423
	1092							78,625.2		2,662.451

Listado de materiales



Empresa:

Extracción DetailDwgExtract.xml

Cliente

Proyecto

Proyectista

Trabajo:

Fecha 06-jul.-2019

LISTA ESTRUCTURADA

Marca	Cantidad	Nombre	Calidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Peso de la pieza (kg/pieza)	Total Peso (Kg)	Superficie Superficie (m2/pieza)	Total Superficie (m2)
6	38	IPE500							
1000	1	IPE500	S235JRG2	15,017		1,362.1	51,758.7	26.13	992.945
1001	1	IPE500	S235JRG2	1,090		58.9	2,238.6	1.896	72.049
1005	2	PL 10x466x94.9	S235JRG2	466	95	3.4	261.5	0.099	7.496
1006	1	PL 10x430.21x162.15	S235JRG2	430	162	3.1	117.5	0.089	3.378
1007	1	PL 10x465.64x100	S235JRG2	466	100	3.7	138.9	0.104	3.969
1008	1	PL 10x533.3x130.06	S235JRG2	533	130	3	115.1	0.089	3.376
1009	1	PL 10x573.79x100	S235JRG2	574	100	4.5	171.2	0.128	4.873
1012	1	PL 15x804.42x160	S235JRG2	804	160	15.2	575.9	0.286	10.881
1013	1	PL 15x844.42x200	S235JRG2	844	200	19.9	755.7	0.369	14.026
							56,133		1,112.992
7	38	IPE300							
1002	1	IPE300	S235JRG2	6,985		294.8	11,200.9	8.102	307.893
1011	1	PL 15x292.65x190	S235JRG2	293	190	6.5	248.8	0.126	4.776
1014	1	PL 20x460x310	S235JRG2	460	310	22.4	850.8	0.316	12.008
							12,300.5		324.677

Marca	Cantidad	Nombre	Calidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Peso de la pieza (kg/pieza)	Total Peso (Kg)	Superficie Superficie (m2/pieza)	Total Superficie (m2)
8 26 C160X2									
1003	1	C160X2	S235JRG2	81,774		326.3	8,483.2	42.686	1,109.834
							8,483.2		1,109.834
9 2 C220X3									
1004	1	C220X3	S235JRG2	81,774		590.4	1,180.8	51.763	103.526
							1,180.8		103.526
10 38 PL 10x460x310									
1010	1	PL 10x460x310	S235JRG2	460	310	11.2	425.4	0.301	11.423
							425.4		11.423
560							78,522.8		2,662.451

Referencias Bibliográfica.

- Standard National Institute of Building Science, 2007. Building Information Modeling. [En línea]. EEUU. Disponible en Internet:
https://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf . [Citado: 2 de julio del 2015].
- Coloma Picó, Eloi, 2008. Introducción a la tecnología BIM. [En línea]. Catalunya (España): Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en Internet:
<http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/>[Citado: 2 de julio del 2015]
- Gómez Fernández, Iván, 2013. Interacción del proceso BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. [En línea]. Barcelona (España). Disponible en Internet:
http://ruc.udc.es/bitstream/2183/10117/2/GomezFernandez_Ivan_TFG_2013.pdf.
[Citado: 2 de julio del 2015].
- Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile, 2013. Encuesta nacional BIM. [En línea]. Santiago de Chile (Chile). Disponible en Internet: www.bim.uchilefau.cl.
[Citado: 5 de julio del 2015]
- Eastman, C, 2009. What is BIM. [En línea]. EEUU. Disponible en Internet:
<http://bim.arch.gatech.edu/?id=402>. [Citado: 3 de julio del 2015].
- Gómez Fernández, Alejandro, 2014. Determinación de la carga de viento en Naves con cubierta a dos aguas. Tesis de Pregrado. Matanzas (Cuba): Universidad de Matanzas, Cede Camilo Cienfuegos.
- Instituto técnico de la estructura de acero, ITEA, 2009. Tomo 16, Sistemas estructurales: Edificios. Europa.
- Mora Pueyo, Augusto, 2014. El BIM manager en España: Estrategias para su implementación. [En línea] Barcelona (España). Disponible en Internet:
http://www.researchgate.net/publication/260163518_EL_BIM_MANAGER_EN_ESPAA ESTRATEGIAS PARA SU IMPLANTACION. [Citado: 2 de julio del 2015]
- 67
- National BIM Reprt, 2013. [En línea]. EEUU. Disponible en Internet:
<http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-NationlBIMReport2013-single.pdf>. [Citado: 12 de julio del 2015]
- Ulloa Román, K y Salinas Saavedra, J, 2013. Mejoras en la implementación de BIM en

los procesos de diseño y construcción de la empresa MARCAN. Tesis de Maestría. Lima (Perú): Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en Internet: <http://hdl.handle.net/10757/528110>. [Citado: 24 de julio del 2015]

Prieto Muriel, P, 2011. Implementación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería. Tesis de Maestría. Extremadura (España): Universidad de Extremadura. Disponible en Internet: <http://hdl.handle.net/1102/4555>: [Citado: 20 de agosto del 2015]

Hardin, B.2009. BIM and Construction management Proven Tools. Methods and Workflows. USA: John Wiley & Sons Inc.

Eastman, C; Teichlz, P; Sacks, R; Liston, K, 2011. BIM Handbook. [En línea]. USA. Wiley John + Sons. Disponible en Internet: http://qbimgest.blogspot.com/2015/01/bim-books_27.html. [Citado: 20 de septiembre del 2015].

Oficina Nacional de Normalización, 2003. NC 283: Densidad de materiales naturales, artificiales y de elementos de construcción como carga de diseño. La Habana (Cuba): ONN.

Oficina Nacional de Normalización, 2003. NC 284: Carga de uso. La Habana (Cuba): ONN.

Oficina Nacional de Normalización, 2003. NC 285: Carga de viento, Método de cálculo. La Habana (Cuba): ONN.

Oficina Nacional de Normalización, 2006. NC 450: Edificaciones: Factores de carga o ponderación-combinaciones. La Habana (Cuba): ONN. 68

Oficina Nacional de Normalización, 1999. NC 46: Construcciones sismo resistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción. La Habana (Cuba): ONN.

Oficina Nacional de Normalización, 1983. NC 53-94: Cálculo de estructuras de acero. La Habana (Cuba): ONN.