

MEMORIA DE CÁLCULO

DISEÑO ESTRUCTURAL CUBIERTA SALA DE CONDUCTORES

PIE-PGDS-EST-08 03 2019

PROYECTO: CUBIERTA PARA SALA DE CONDUCTORES

DOCUMENTO: MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

CONTENIDO: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

ÁREA REQUIRENTE: PLATAFORMA GUBERNAMENTAL DE DESARROLLO SOCIAL

INSTITUCIÓN: SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PUBLICO "INMOBILIAR"

ÁREA: GERENCIA PROYECTO IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS ESTRATÉGICOS PARA LA DISTRIBUCIÓN A NIVEL NACIONAL DE LAS INSTITUCIONES DEL SECTOR PÚBLICO.

ELABORACIÓN: ING. CARLOS AVELINO CÓRDOVA SANTAFÉ

CARGO: EXPERTO ESTRATÉGICO

FECHA: 08 de marzo de 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	ANTECEDENTES.....	4
2	ALCANCE.....	4
3	OBJETIVO.....	4
	3.1 GENERAL.....	4
	3.2 ESPECÍFICO.....	4
4	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	4
5	SISTEMA ESTRUCTURAL.....	5
	5.1 CUBIERTA CON AISLAMIENTO TÉRMICO ACÚSTICO.....	5
	5.2 VIGAS DE ACERO TIPO I.....	6
	5.3 CORREAS DE ACERO TIPO G.....	6
6	MATERIALES NORMAS Y CÓDIGOS.....	7
	6.1 MATERIALES.....	7
	6.2 NORMAS Y CÓDIGOS.....	7
7	MODELACIÓN.....	7
	7.1 DEFINICIÓN DE UNIDADES.....	7
	7.2 DEFINICIÓN DE MATERIALES.....	8
	7.3 DEFINICIÓN DE SECCIONES.....	8
	7.4 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA.....	9
8	CARGAS BÁSICAS Y COMBINACIONES.....	9
	8.1 PESO PROPIO (PP).....	10
	8.2 CARGA MUERTA (D).....	10
	8.3 CARGA VIVA (L).....	10
	8.4 COMBINACIONES DE CARGA.....	10
9	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	11
	9.1 DEFLEXIONES.....	11
	9.2 ESFUERZOS.....	12
10	DISEÑO ACERO ESTRUCTURAL.....	13
	10.1 ANCLAJES.....	13
	10.2 FLEXIÓN.....	17
	10.3 CONEXIÓN VIGA PRINCIPAL Y SECUNDARIA.....	21
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	UBICACIÓN EDIFICIO PGDS, SECTOR QUITUMBE, FUENTES: GOOGLE MAPS.....	5
FIGURA 2.	CUBIERTA CON AISLAMIENTO TÉRMICO ACÚSTICO	6
FIGURA 3.	VIGA DE ACERO TIPO I.....	6
FIGURA 4.	CORREAS DE ACERO TIPO G.....	6
FIGURA 5.	DEFINICIÓN DE UNIDADES EN EL MODELO 3D.....	8
FIGURA 6.	DEFINICIÓN DE MATERIALES EN EL MODELO 3D	8
FIGURA 7.	MODELO 3D DEL SISTEMA.....	9
FIGURA 8.	CHEQUEO DE DEFLEXIONES.....	12
FIGURA 9.	COMPROBACIÓN DE ESFUERZOS	13
FIGURA 10.	DIAGRAMA DE MOMENTOS	18
FIGURA 11.	RELACIÓN DE ESFUERZOS EN VIGAS.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	RESUMEN DE ARMADURA EN SECCIONES DE VIGAS	7
TABLA 2.	RESUMEN DE SECCIONES ASIGNADAS AL MODELO 3D.....	9
TABLA 3.	RESUMEN DE CARGAS	10
TABLA 4.	RESUMEN DE COMBINACIONES DE CARGA	11
TABLA 5.	CHEQUEO DE DEFLEXIONES.....	11
TABLA 6.	MÁXIMAS DEFLEXIONES PERMISIBLES	12
TABLA 7.	DISEÑO PLACA BASE PARA VIGA IPE 450.....	15
TABLA 8.	DISEÑO PLACA BASE PARA VIGA IPE 300.....	17
TABLA 9.	DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE	17
TABLA 10.	DISPOSICIÓN PARA MONTAJE	17
TABLA 11.	DISEÑO VIGA IPE 450	19
TABLA 12.	DISEÑO VIGA IPE 300	20
TABLA 13.	DISEÑO VIGA IPE 120	21

1 ANTECEDENTES

La Gerencia del Proyecto Inmobiliario Estratégico para la Distribución a Nivel Nacional en las Instituciones del Sector Público, solicita el Diseño Estructural para la implantación de una cubierta para readecuar una sala de conductores sobre el nivel $Nv=+31.50$ de la Plataforma Gubernamental de Desarrollo Social.

2 ALCANCE

El presente documento está realizado para detallar el procedimiento de análisis y diseño de los elementos estructurales para la construcción correspondiente a la cubierta para readecuar una sala de conductores en el nivel $Nv=+31.50$ de la Plataforma Gubernamental de Desarrollo Social.

3 OBJETIVO

3.1 General

Realizar el análisis y diseño estructural de la cubierta para readecuar una sala de conductores en el nivel $Nv=+31.50$ de la Plataforma Gubernamental de Desarrollo Social.

3.2 Específico

Describir los criterios, hipótesis, normas y cálculos de diseño estructural, que se deben realizar para garantizar el óptimo desempeño de la estructura.

Proveer de una propuesta de sistema estructural, de tal manera que la estructura ofrezca todas las garantías de resistencia, seguridad y ductilidad requerida, y además que cumpla con los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, en los capítulos:

NEC-SE-AC-2015 Estructuras de Acero
NEC-SE-CG-2015 Cargas no sísmicas
NEC-SE-DS-2015 Peligro Sísmico
NEC-SE-RE-2015 Riesgo sísmico

Generar el Estudio Estructural.

4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Plataforma Gubernamental de Desarrollo Social se encuentra ubicada entre la Av. Quitumbe Nan, Lira Nan y Av. Amaru Nan; junto a la plaza Quitumbe, en el Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha; ubicación geográfica Latitud: $0^{\circ}17'34.50''S$, longitud: $78^{\circ}32'43.41''W$; coordenadas UTM 773227.95m, 9967593.54m; aproximadamente a 2892.62 msnm.

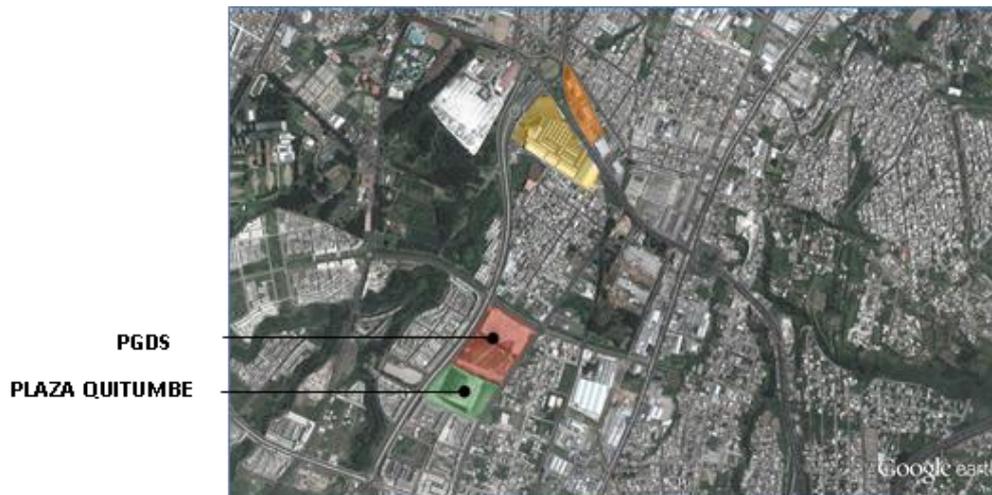


Figura 1. Ubicación edificio PGDS, sector Quitumbe, Fuentes: Google Maps

5 SISTEMA ESTRUCTURAL

Actualmente debido a las exigencias del mercado, los sistemas constructivos han ido evolucionando en función de reducir costos, tiempos de construcción y lo más importante para un diseño sismo-resistente en la disminución del peso muerto de la estructura, y para ello, se ha visto la necesidad de insertar en la construcción, nuevos materiales alternativos livianos y que a su vez, el costo no difiera significativamente con relación a los materiales.

Se propone un sistema cuyos elementos estructurales principales consisten en vigas tipo IPE conectadas a través de nudos formando un sistema resistente en las dos direcciones principales de análisis, estas son eje X-X y eje Y-Y.

La estructura se conforma de un conjunto de elementos estructurales resistentes, capaces de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a las que debe estar sometido, es decir; que deben estar diseñadas para resistir acciones verticales y horizontales simultáneamente.

5.1 Cubierta con Aislamiento Térmico Acústico

El Galvalume es una aleación de aluminio, zinc y silicio, con la que se recubre el alma de acero del panel, otorgándole diversas propiedades como resistencia a la corrosión, reflectividad lumínica y protección a las áreas cortadas o perforadas. Además, facilita la adherencia de la pintura. Todo esto cumpliendo las especificaciones de la norma ASTM-A792, para calidad estructural.

Es una placa de acero estructural galvanizada, con doblado trapezoidal, que se utiliza para la construcción de losas en edificaciones, capaz de resistir las cargas tanto verticales como horizontales y formando lo que se denomina una cubierta compuesta, contiene una capa de espuma de poliuretano de densidad 38 Kg/m³ que sirve como aislamiento térmico y acústico.

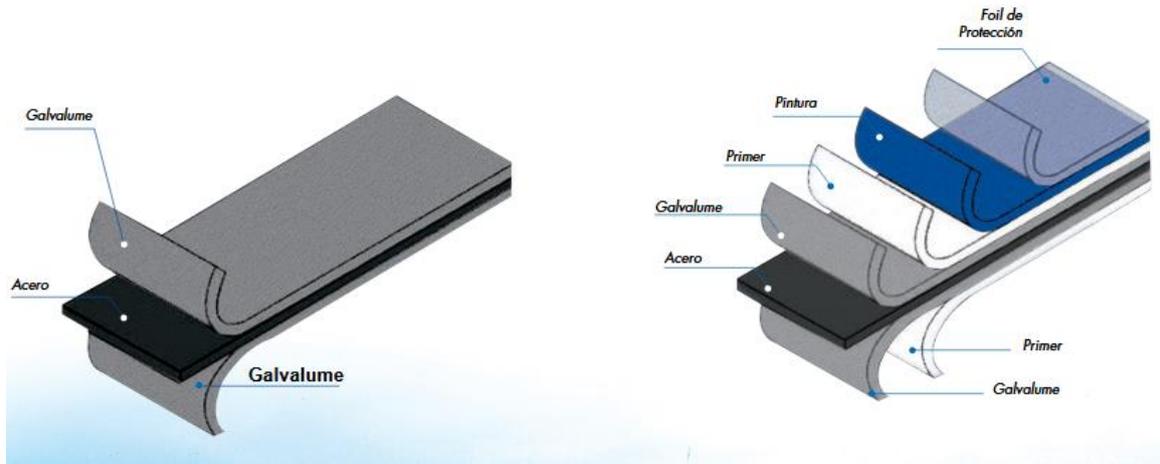
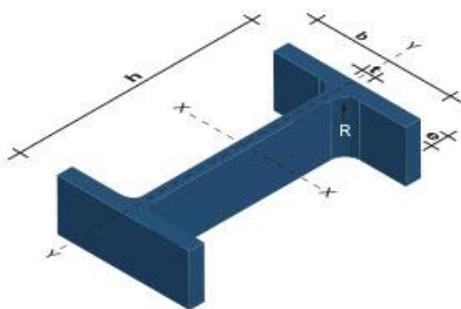


Figura 2. Cubierta con aislamiento térmico acústico

5.2 Vigas de Acero Tipo I

Las vigas que conforman el sistema de cubierta son de acero estructural con perfiles Tipo I, ASTM A36 de dimensiones variables, con una resistencia a la fluencia de 2530 kg/cm².



Nomenclatura

h= Patin
b= Ala
t= Espesor Alma
e= Espesor Ala
R= Radio Giro Alma

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica		Punto Fluencia	
Kg/mm ²	Mpa	Kg/mm ²	Mpa
37 - 52	370 - 520	24	235

Figura 3. Viga de Acero Tipo I

5.3 Correas de Acero Tipo G

Las correas que conforman el sistema de cubierta son de acero estructural con perfiles Tipo G, ASTM A36 de dimensiones variables, con una resistencia a la fluencia de 2530kg/cm².



Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

Figura 4. Correas de Acero Tipo G

6 MATERIALES NORMAS Y CÓDIGOS

6.1 Materiales

Como materiales predominantes en la construcción, se consideran los siguientes:

Acero Estructural ASTM A-36	
Peso volumétrico	w=7.845 t/m ³
Módulo de elasticidad	E= 2038901.92 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson	$\mu=0.30$
Resistencia a la fluencia	f _y = 2530.00 kg/cm ²
Resistencia a la rotura	f _u = 4218.42 kg/cm ²

Tabla 1. Resumen de armadura en secciones de vigas

6.2 Normas y Códigos

Para el análisis y diseño de los diferentes elementos de acero se aplicaron los criterios, comentarios, especificaciones y normas contenidas en los códigos descritos a continuación:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015. Requisitos generales de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo-resistente de las estructuras, en los capítulos:
 - NEC-SE-AC-2015 Estructuras de Acero
 - NEC-SE-CG-2015 Cargas no sísmicas
 - NEC-SE-DS-2015 Peligro Sísmico
 - NEC-SE-RE-2015 Riesgo sísmico
- Especificaciones para Construcciones en Acero AISC 360-10 (American Institute of Steel Construction).
- Requisitos para soldadura AWS (American Welding Society).
- Requisitos de diseño de acuerdo a la norma ACI 318-14 (American Concrete Institute) Building Code Requirements for Reinforced Concrete.

en lo que se refiere a dimensiones mínimas, porcentajes mínimos de refuerzo, recubrimientos mínimos, longitudes de traslape, colocación y figurado de las varillas, coeficientes de mayoración de cargas, combinaciones de carga, esfuerzos de los materiales, deformaciones, desplazamientos máximos, entre otros.

7 MODELACIÓN

Para realizar la modelación de la estructura se utilizó la ayuda del software denominado SAP2000, considerando un análisis espacial tridimensional, manipulando elementos tipo frame para representar vigas de acero estructural y tipo shell para representar elementos placa como la cubierta. La modelación o idealización de la estructura se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

7.1 Definición de Unidades

Es necesario definir las unidades con las cuales se va a ingresar los datos al programa de diseño denominado SAP2000 tales como, geometría, distancias, espesores, cargas, entre otros. Así mismo estas unidades nos permitirán leer los valores de solicitaciones

generadas por acciones externas a la estructura, de tal manera que se pueda definir el diseño final de los elementos estructurales que se desea analizar.

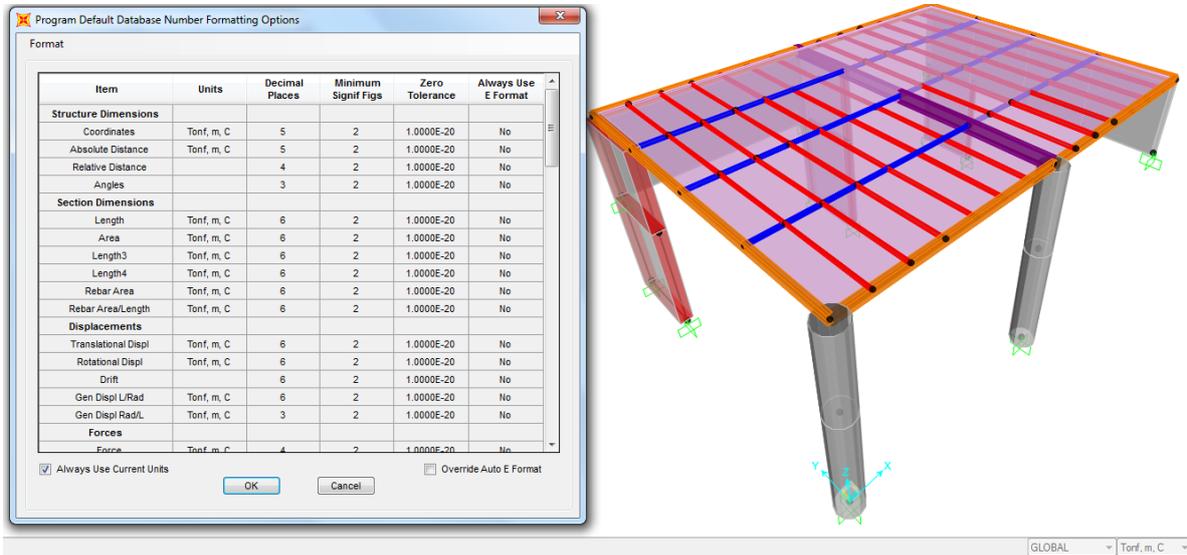


Figura 5. Definición de Unidades en el Modelo 3D

7.2 Definición de Materiales

Se definen los principales materiales que comprenden la estructura, como es acero estructural con límite a la fluencia $f_y=2530.00$ kg/cm². Con esta información se genera los materiales que se proponen utilizar para la idealización o discretización del modelo.

A continuación se muestra los gráficos de las definiciones de los materiales principales.

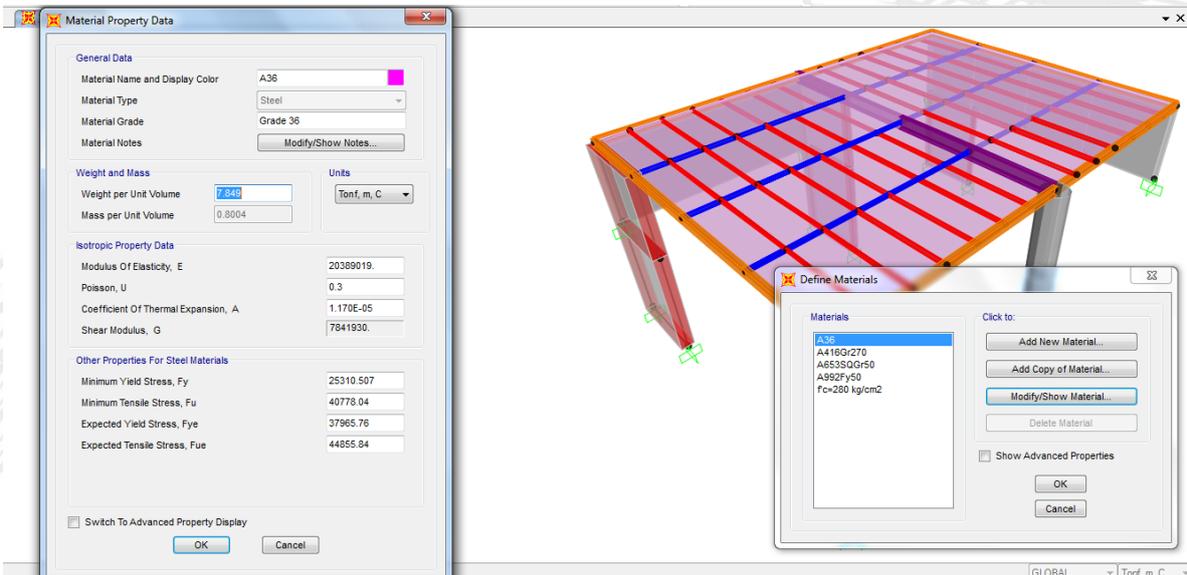


Figura 6. Definición de Materiales en el Modelo 3D

7.3 Definición de Secciones

Se define las secciones con las que se va a realizar el dibujo del modelo en el programa SAP2000, en función de las herramientas para el tipo de elementos estructurales que se consideran, así para vigas se define como elementos tipo frame o barra de dimensiones variables y para la cubierta se define como elementos tipo shell o placa, además se

considera para cada elemento el material correspondiente, de acuerdo con la definición del material que se generó en el punto anterior.

RESUMEN DE SECCIONES		
Descripción	Tipo	Ubicación
Perfil de Acero Laminado	IPE 120	Viga Secundaria
Perfil de Acero Laminado	IPE 300	Viga Principal
Perfil de Acero Laminado	IPE 450	Viga Principal
Perfil de Acero Conformado	G 125X50X15 X3	Correas

Tabla 2. Resumen de Secciones asignadas al Modelo 3D

7.4 Definición de la Geometría

En función de la distribución, cortes longitudinales y transversales, fachadas y demás información arquitectónica disponible de cada piso, se debe generar la geometría en el programa SAP2000, que se va analizar, de tal manera que se plasme en el modelo, lo más fiable a la realidad cuidando todos los detalle, para que al finalizar la fase de análisis, se obtengan valores racionales para proceder a la etapa de diseño.

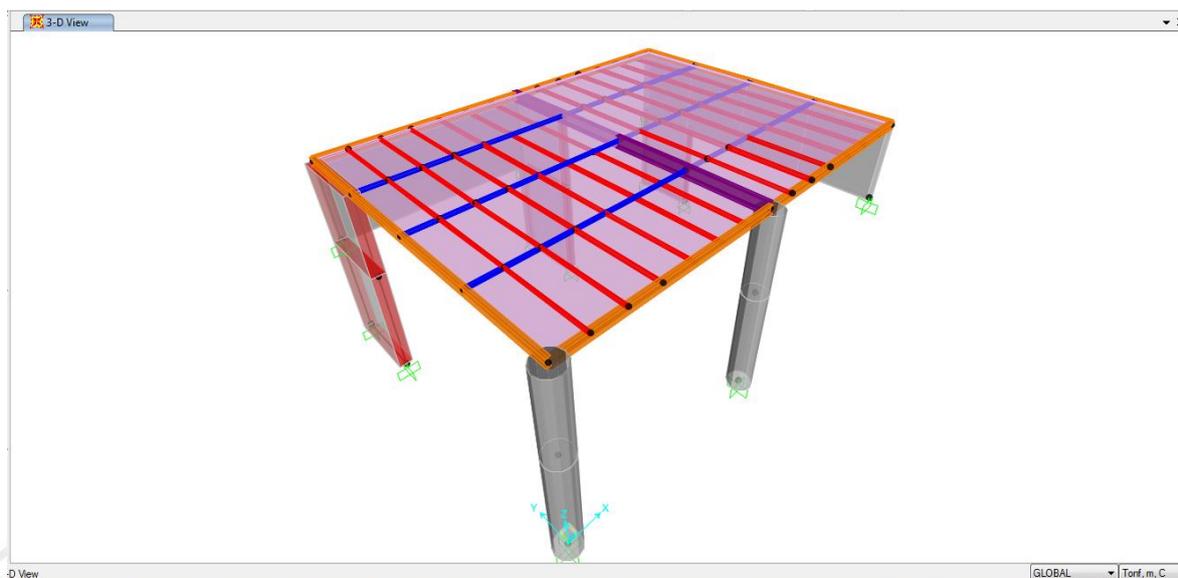


Figura 7. Modelo 3D del Sistema

8 CARGAS BÁSICAS Y COMBINACIONES

De acuerdo a la naturaleza del presente proyecto, las características, usos e importancia de la estructura a diseñarse y los códigos de diseño y construcción aplicables, se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- La estructura es de acero conformado con vigas principales, sistemas de cubierta con panel compuesto, aislamiento térmico acústico.
- Los elementos deben soportar las diferentes solicitaciones, bajo las diversas condiciones de carga y sus combinaciones, considerando las más desfavorables para la etapa de diseño estructural.
- Para el presente caso el sistema de cubierta se implantará sobre el nivel $N_v=+31.50m$, de acuerdo a la distribución arquitectónica, en dos tramos.
- Se ha elaborado el modelo matemático estructural mediante elementos tipo frame y tipo

- shell en tres dimensiones, considerando todas las características geométricas y las acciones bajo las diferentes condiciones de funcionamiento que representa, tratando de mostrar la geometría lo más fielmente posible a la realidad y los materiales utilizados.
- e) Por tratarse de una construcción nueva, las conclusiones que aquí se manifiestan, servirían para que se efectúen la construcción de los elementos de tal manera que aseguren un comportamiento estructural adecuado y conforme a los estándares nacionales e internacionales; es decir que, se presentan los lineamientos generales y específicos para la construcción del sistema.

La estructura se analizó bajo las siguientes condiciones básicas de carga:

SOLICITACIONES	ESTADOS DE CARGA		UNIDADES
Peso Propio	PP	Peso volumétrico de los elementos que conforman la estructura y/o de cubierta modelados	[t/m ²]
Carga Muerta	D	Peso de los elementos, equipos, cargas permanentes que no se han incluido en el modelo	[t/m ²]
Carga Viva	L	Carga viva, sobrecarga por mantenimiento, operación y funcionamiento	[t/m ²]

Tabla 3. Resumen de Cargas

8.1 Peso Propio (PP)

El peso propio de los elementos estructurales depende del material con el cual se construyen, para lo cual se determinó el peso volumétrico en las unidades correspondientes utilizadas por el programa, para acero estructural un peso volumétrico de 7.849 t/m³.

8.2 Carga Muerta (D)

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura

Para la asignación de los diferentes tipos de carga permanente, se deben aplicar directamente sobre la cara superior de los elementos tipo shell que representan la cubierta, se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-215, en su Capítulo de Cargas Gravitacionales NEC-SE-CG-2015.

8.3 Carga Viva (L)

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara para el análisis estructural, depende de la ocupación a la que está destinado el sistema y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición y otras.

Para la asignación de las cargas vivas de servicio, se deben aplicar directamente en la cara superior de los elementos tipo shell que representan la cubierta, se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 en su Capítulo de Cargas Gravitacionales NEC-SE-CG-2015.

8.4 Combinaciones de Carga

Para el análisis de la estructura se consideran las combinaciones de cargas básicas necesarias a fin de determinar las condiciones de diseño críticas, de acuerdo a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 en su capítulo NEC-SE-CG-2015, Cargas gravitacionales y combinaciones de carga.

- 1) D+L
- 2) 1.2*D+1.6*L

CARGAS	COMBINACIONES	
	Comb 1	Comb 4
Peso Propio	1	1.2
Muerta	1	1.2
Viva	1	1.6

Tabla 4. Resumen de Combinaciones de Carga

9 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Los resultados de las solicitaciones generadas luego del análisis estructural, para cada elemento que conforma el sistema en las dos direcciones se leyeron directamente del monitor por la facilidad que ofrece el programa para leer dichos valores en cualquier ubicación.

Los valores de momentos para la zona de los apoyos en cada elemento estructural, se obtienen en la cara del apoyo, mientras que los valores de corte se obtienen a una distancia “d” de la cara del apoyo. Se presentan los diagramas de momentos y cortes máximos, considerando cargas factoradas en las dos direcciones (X-X) y (Y-Y) de todos los elementos estructurales.

Además con el sistema propuesto se verifica la estabilidad local y general, los mismos que se enuncian a continuación. Del análisis pormenorizado del modelo matemático de la estructura se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Se minimizan las deformaciones laterales del sistema espacial.
- Los elementos estructurales han sido verificados para que resistan solicitaciones producidos por agentes externos e internos.
- Las vigas longitudinales y transversales han sido verificadas para que no sobrepasen los esfuerzos admisibles de cada elemento de acuerdo a la sección propuesta.

9.1 Deflexiones

Para el control de la deflexión, se consideraron los vanos más representativo de 12.00x8.00m, de tal forma que se generaron las deflexiones considerando cargas de servicio, mostradas a continuación.

CHEQUEO DE DEFLEXIONES	
Tabla 24.2.2—DEFLEXIÓN MÁXIMA ADMISIBLE CALCULADA	
	Longitud del vano 12.00 m
Condiciones Estructurales	
Cubierta	
Que no soporte o no esté ligado a elementos no estructurales	
Que no podrían dañarse por grandes deflexiones	180
	Deflexión admisible= 6.67 cm
	Deflexión diseño= 6.25 cm
La losa es capaz de soportar deflexiones por cargas de servicio	

Tabla 5. Chequeo de deflexiones

Miembros	Condición		Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas Planas	Que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		Deflexión inmediata debida al máximo de Lr, S y R	l/180
Pisos	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		Deflexión inmediata debida a la carga viva L	l/360
Pisos o cubiertas	Que soporte o esté ligado a elementos no estructurales	Que podrían verse dañados por grandes deflexiones	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)	l/480
		No es probable que sufran daños por grandes deflexiones		l/240

El valor permisible de acuerdo con la norma del ACI 318-14 (American Concrete Institute), capítulo 24 Requisitos de Serviciabilidad.

Tabla 6. Máximas deflexiones permisibles

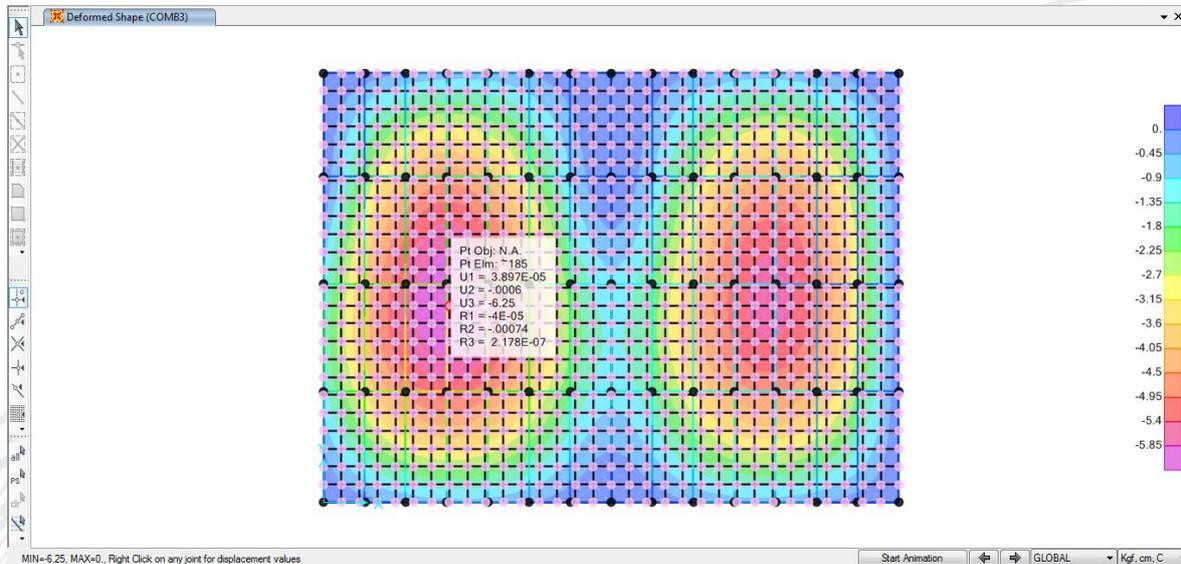


Figura 8. Chequeo de deflexiones

9.2 Esfuerzos

Luego del análisis estructural se determina el esfuerzo al cual están trabajando los elementos de acero estructural, de tal manera que en ningún caso se excedan la relación de capacidad y sollicitación de cada unidad.

A continuación se muestra un resumen de la relación de esfuerzos para los elementos principales y secundarios de la estructura.

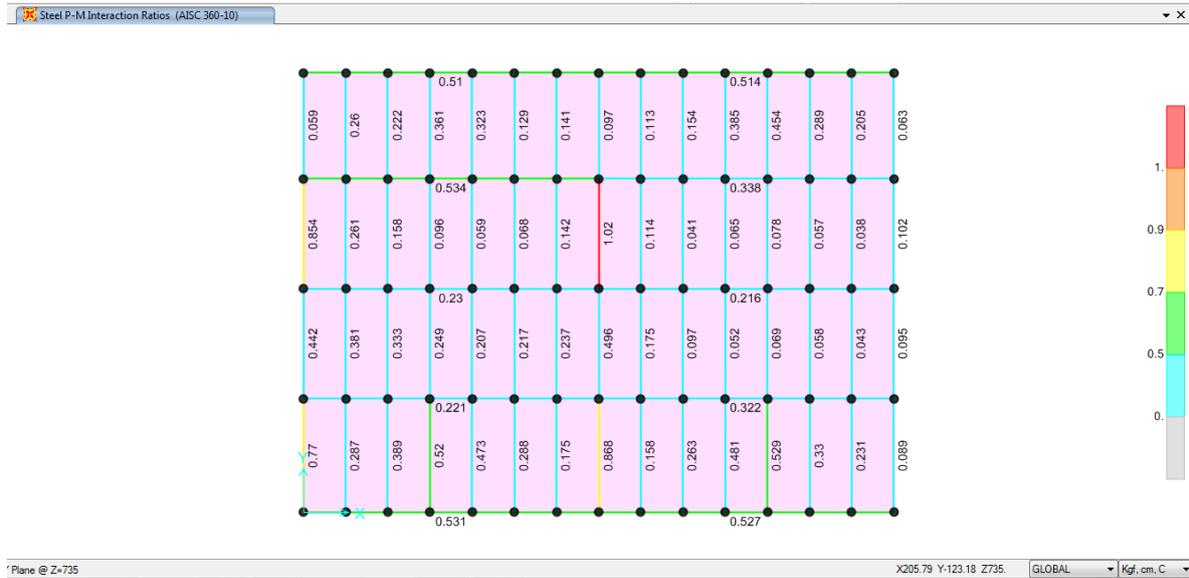


Figura 9. Comprobación de Esfuerzos

10 DISEÑO ACERO ESTRUCTURAL

Una vez superada la fase de análisis, se continúa con la verificación de esfuerzos (*diseño*) de los elementos de acuerdo con la capacidad de cada uno de ellos. Se utiliza la opción de diseño del programa SAP2000 por cuanto los datos de entrada han sido cuidadosamente verificados y se puede confiar en los resultados que se obtienen.

Se escoge la opción para diseñar los elementos de acuerdo a la metodología del AISC 360-10 para elementos de acero estructural.

En general el chequeo de esfuerzos en elementos tipo barra (*frame*), deben resaltarse las facilidades de diseño gráfico del programa SAP2000, que a través de un código de colores permite al diseñador encontrar las secciones o elementos que no satisfacen los requisitos de diseño, de tal forma que buena parte de los chequeos se los realiza directamente en pantalla, para las diferentes combinaciones de carga, evitando así la generación de extensos listados de resultados para verificar las condiciones óptimas de diseño.

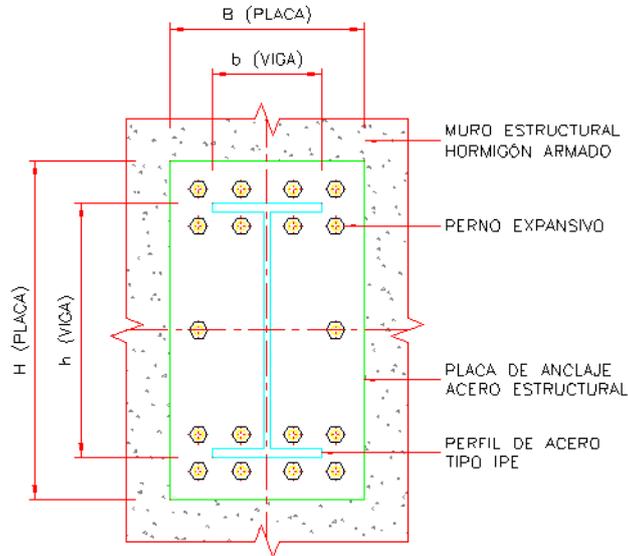
10.1 Anclajes

Placa de acero colocada entre un soporte y el elemento constructivo que recibe el esfuerzo, para reducir las tensiones sobre este elemento y realizar un empotramiento efectivo mediante rigidizadores u otros elementos.

A continuación se muestra el diseño de las placas de anclaje que se necesitan para el proyecto.

DISEÑO DE PLACA BASE PARA ANCLAJE DE VIGAS METÁLICAS

VIGA IPE 450



1.- MATERIALES

$f'c=$	280	kg/cm ²	$E_c=$	250,998	kg/cm ²	$n=$	8.37
$f_y=$	2,530	kg/cm ²	(Acero placa, ASTM A-36)	$E_s=$	2,100,000	kg/cm ²	

2.- CONEXIÓN

2.1.- CARGAS APLICADAS

Las cargas incluyen solicitaciones por viento o sismo? **SI** Factor= 1.33

Solicitaciones del Análisis Estructural		Solicitaciones del Análisis Estructural Corregidas	
$P=$	2.23 t	$P_{dis}=$	1.68 t
$M=$	28.91 t*m	$M_{dis}=$	21.74 t*m

2.2.- GEOMETRÍA DE VIGA

$B=$	190	mm	(Ancho columna)
$H=$	450	mm	(Altura columna)

2.3.- GEOMETRÍA DE PLACA

$H_{cal}=$	595	mm	(Largo placa base)	$m=$	84
$B_{calc}=$	335	mm	(Ancho placa base)	$n=$	92
$f_p=$	14	mm	(Diámetro pernos anclaje)		
$N_p=$	12	u	(Número de pernos)		
$N=$	10		(Nro. Labrados/pulgada)		
$e_p=$	14	mm	(Espesor mínimo placa base)		

2.4.- ESFUERZOS ADMISIBLES

$f_{cadm}=$	64.18	kg/cm ²
$f_e=$	1,897.50	kg/cm ²

3.- COMPROBACIÓN DE ESFUERZOS

$e=$	12,964.13	mm	(Excentricidad)
$D/6=$	99.17	mm	

3.1.- PRIMERA CONDICIÓN (n > m)

SI APLICA

fc = 1.49 kg/cm² **OK**
Mp = 3,721.28 kg*cm
ep = 4.45 mm (espesor de placa requerido)

3.2.- SEGUNDA CONDICIÓN (e ≤ D/6)

NO APLICA, e > D/6

3.3.- TERCERA CONDICIÓN (e > D/6)

SI APLICA

At = 1,470.69 mm²
b = 297.50 mm
K1 = 37,999.88 mm
K2 = ##### mm²
K3 = ##### mm³

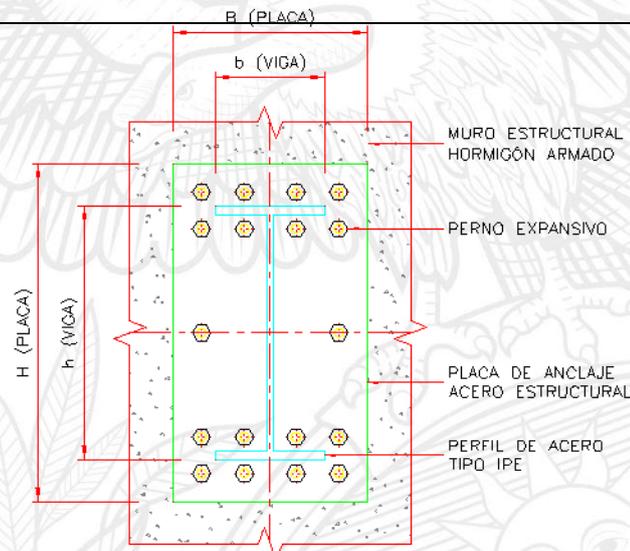
Y = 178.58
T = 39,848.53 kg
fc = 138.82 kg/cm²
fa = 73.72 kg/cm²
Mp1 = 137.60 t*m
Mp2 = 151.82 t*m
Mp = 151.82 t*m
ep = 17.86 mm (espesor de placa requerido)

e = 20 mm (Espesor de placa)

Tabla 7. Diseño Placa Base para Viga IPE 450

DISEÑO DE PLACA BASE PARA ANCLAJE DE VIGAS METÁLICAS

VIGA IPE 300



1.- MATERIALES			
$f'_c =$	280	kg/cm ²	$E_c =$ 250,998 kg/cm ² $n = 8.37$
$f_y =$	2,530	kg/cm ² (Acero placa, ASTM A-36)	$E_s =$ 2,100,000 kg/cm ²
2.- CONEXIÓN			
2.1.- CARGAS APLICADAS			
Las cargas incluyen solicitaciones por viento o sismo ?		SI	Factor= 1.33
Solicitaciones del Análisis Estructural		Solicitaciones del Análisis Estructural Corregidas	
$P =$	10.65	t	$P_{dis} =$ 8.01 t
$M =$	10.36	t*m	$M_{dis} =$ 7.79 t*m
2.2.- GEOMETRÍA DE VIGA			
$B =$	150	mm (Ancho columna)	
$H =$	300	mm (Altura columna)	
2.3.- GEOMETRÍA DE PLACA			
$H_{cal} =$	445	mm (Largo placa base)	$m = 80$
$B_{calc} =$	295	mm (Ancho placa base)	$n = 88$
$f_p =$	14	mm (Diámetro pernos anclaje)	
$N_p =$	6	u (Número de pernos)	
$N =$	10	(Nro. Labrados/pulgada)	
$e_p =$	14	mm (Espesor mínimo placa base)	
2.4.- ESFUERZOS ADMISIBLES			
$f_{c adm} =$	57.38	kg/cm ²	
$f_e =$	1,897.50	kg/cm ²	
3.- COMPROBACIÓN DE ESFUERZOS			
$e =$	972.77	mm (Excentricidad)	
$D/6 =$	74.17	mm	
3.1.- PRIMERA CONDICIÓN ($n > m$)			SI APLICA
$f_c =$	9.20	kg/cm ² OK	
$M_p =$	15,674.73	kg*cm	
$e_p =$	10.55	mm (espesor de placa requerido)	2.05
3.2.- SEGUNDA CONDICIÓN ($e \leq D/6$)			NO APLICA, $e > D/6$
$f_c =$	9.20	kg/cm ²	
$M_p =$	15,674.73	kg*cm	
$e_p =$	10.55	mm (espesor de placa requerido)	
3.3.- TERCERA CONDICIÓN ($e > D/6$)			SI APLICA
$A_t =$	310.65	mm ²	
$b =$	222.50	mm	
$K_1 =$	2,250.81	mm	
$K_2 =$	63,211.85	mm ²	
$K_3 =$	#####	mm ³	
$Y =$	96.82	0.00	Solver
$T =$	15,182.59	kg	
$f_c =$	162.38	kg/cm ²	

fa =	28.21	kg/cm ²
Mp1 =	111.07	t*m
Mp2 =	57.85	t*m
Mp =	111.07	t*m
ep =	17.50	mm (espesor de placa requerido)
e=	20	mm (Espesor de placa)

Tabla 8. Diseño Placa Base para Viga IPE 300

DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE															
VIG A	PLACA BASE		MOMENTO		ANÁLISIS X-X			ANÁLISIS Y-Y			PERNO A 307				
	H (m)	B (m)	Mx (T-m)	My (T-m)	No. exterior	No. interior	Tra (t)	No. exterior	No. interior	Tra (t)	fy (kg/cm ²)	Ø (")	T resistencia 66% (t)	T sollicitación (t)	CRITERIO
IPE 450	595	335	36.42		4		20.14	2			4210.00	5/8	22.00	> 20.14	OK 91.54%
IPE 300	445	295	10.50		3		11.58	2			4210.00	5/8	16.50	> 11.58	OK 70.21%

Tabla 9. Diseño de Pernos de Anclaje

DISPOSICIÓN PARA MONTAJE	
	<p>Ø= 5/8 "</p> <p>e= 37 mm</p> <p>e1= 19 mm</p> <p>e2= 24 mm</p> <p>P1= 35 mm</p> <p>P2= 48 mm</p>
<p>Horizontal = 71 mm</p> <p>Vertical = 54 mm</p> <p>Distancia para diseño = 143 mm</p>	

Tabla 10. Disposición para Montaje

10.2 Flexión

Para el diseño de los elementos estructurales analizados a flexión (*vigas*), la resistencia nominal de la sección transversal (M_n) se debe reducir aplicando el factor de resistencia (Φ) a fin de obtener la resistencia de diseño (ΦM_n) de la sección. La resistencia de diseño (ΦM_n) debe ser mayor o igual que la resistencia requerida (M_u).

$$\begin{aligned} (\text{Solicitud}) &< (\text{Resistencia}) \\ (\text{Mu}) &< (\Phi \text{Mn}) \end{aligned}$$

Las vigas son elementos que están principalmente sometidos a una carga perpendicular a su eje longitudinal, que produce momentos y fuerzas cortantes, y prácticamente no hay carga axial.

Una viga está bajo un momento flector constante, se trata de encontrar los esfuerzos, deformaciones y curvaturas en cualquier nivel, medidos desde el eje neutro. Para ello se requiere cinemática, equilibrio y las leyes constitutivas del material

A continuación se presenta el resumen de gráficos de momentos de las solicitaciones en vigas principales, para los diferentes pórticos de la estructura analizados, mediante el programa SAP2000.

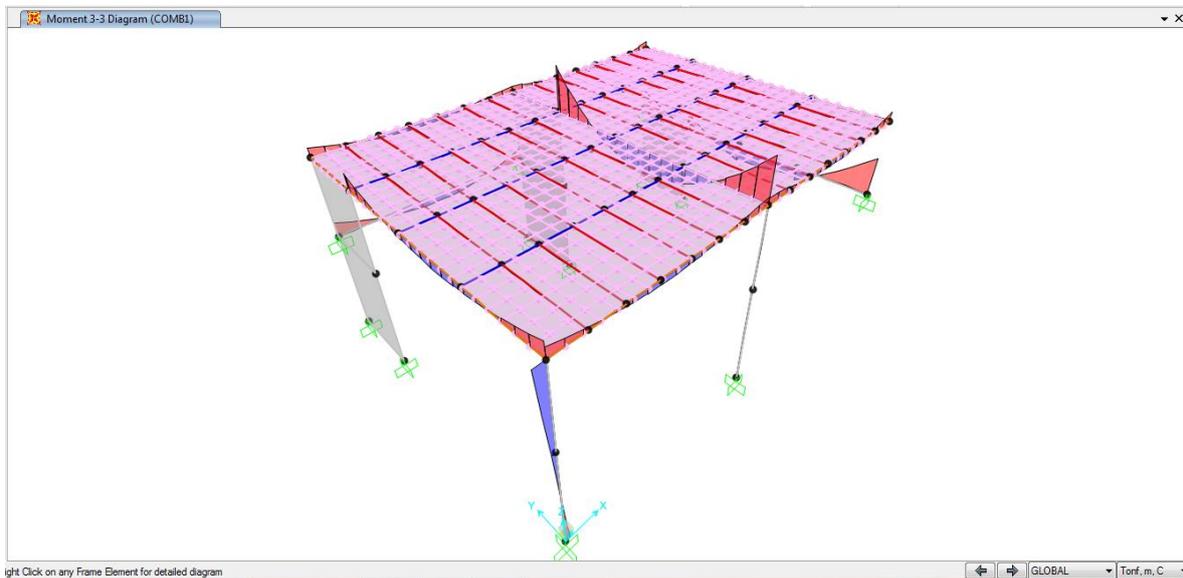


Figura 10. Diagrama de Momentos

Toda sección sujeta a flexión se diseñará de manera que siempre la combinación de esfuerzos actuantes, sea menor que las combinaciones de momento flector resistentes. A continuación se muestran las tablas del diseño de los elementos estructurales analizados, en el que se muestran su capacidad de resistir efectos de solicitaciones internas y externas.

CAPACIDAD A FLEXIÓN DE SECCIONES TIPO I	
1.- Datos Iniciales	
	hw= 450 mm
	tw= 9 mm
	bf= 190 mm
	Reducir tf= 15 mm
	Aumentar Lb= 1.50 m
	fy= 2530 kg/cm ²
	(E/fy) ^{.5} = 28.42
	kc = 0.60 tw Correcto
	k = 1.00

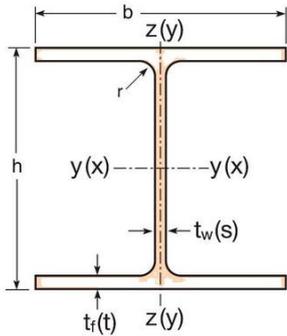
2.- Condiciones de los Elementos			
hw/tw	44.77 Alma Sísmicamente Compacta Alma Moderadamente Dúctil		
bf/tf	6.51 Patín Sísmicamente Compacto Patín Altamente Dúctil		
3.- Propiedades Geométricas			
Área=	95.04 cm ²	Peso=	74.60 kg/m
Inercia I _{xx} =	37086.81 cm ⁴	Inercia I _{yy} =	1672.14 cm ⁴
J=	51.88 cm ⁴	C _w =	902340.69 cm ⁶
r _x =	19.75 cm	r _y =	4.19 cm
S _x =	1547.86 cm ³	S _y =	176.01 cm ³
Z _x =	1764.68 cm ³	Z _y =	273.47 cm ³
r _{ts} =	5.01 cm		
4.- Resistencia a Flexión			
	ØM _n = 40.18 t*m		
	Ma= 26.73 t*m		

Tabla 11. Diseño Viga IPE 450

CAPACIDAD A FLEXIÓN DE SECCIONES TIPO I																			
1.- Datos Iniciales																			
	<table> <tr> <td>hw=</td> <td>300 mm</td> </tr> <tr> <td>tw=</td> <td>7 mm</td> </tr> <tr> <td>bf=</td> <td>150 mm</td> </tr> <tr> <td>Reducir tf=</td> <td>11 mm</td> </tr> <tr> <td>Aumentar Lb=</td> <td>1.50 m</td> </tr> <tr> <td>fy=</td> <td>2530 kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>(E/fy)^{0.5} =</td> <td>28.42</td> </tr> <tr> <td>kc =</td> <td>0.64 tw Correcto</td> </tr> <tr> <td>k =</td> <td>1.00</td> </tr> </table>	hw=	300 mm	tw=	7 mm	bf=	150 mm	Reducir tf=	11 mm	Aumentar Lb=	1.50 m	fy=	2530 kg/cm ²	(E/fy) ^{0.5} =	28.42	kc =	0.64 tw Correcto	k =	1.00
	hw=	300 mm																	
tw=	7 mm																		
bf=	150 mm																		
Reducir tf=	11 mm																		
Aumentar Lb=	1.50 m																		
fy=	2530 kg/cm ²																		
(E/fy) ^{0.5} =	28.42																		
kc =	0.64 tw Correcto																		
k =	1.00																		
2.- Condiciones de los Elementos																			
hw/tw	39.24 Alma Sísmicamente Compacta Alma Altamente Dúctil																		
bf/tf																			

7.01 Patín Sísmicamente Compacto Patín Altamente Dúctil	
3.- Propiedades Geométricas	
Área= 51.88 cm ²	Peso= 40.73 kg/m
Inercia Ixx= 9347.46 cm ⁴	Inercia Iyy= 602.77 cm ⁴
J= 15.83 cm ⁴	Cw= 145470.18 cm ⁶
rx= 13.42 cm	ry= 3.41 cm
Sx= 581.67 cm ³	Sy= 80.37 cm ³
Zx= 658.42 cm ³	Zy= 124.16 cm ³
r ts= 4.01 cm	
4.- Resistencia a Flexión	
ØMn= 14.99 t*m	
Ma= 9.97 t*m	

Tabla 12. Diseño Viga IPE 300

CAPACIDAD A FLEXIÓN DE SECCIONES TIPO I																			
1.- Datos Iniciales																			
	<table> <tr> <td>hw=</td> <td>120 mm</td> </tr> <tr> <td>tw=</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td>bf=</td> <td>64 mm</td> </tr> <tr> <td>Reducir tf=</td> <td>6 mm</td> </tr> <tr> <td>Lb=</td> <td>1.50 m</td> </tr> <tr> <td>fy=</td> <td>2530 kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>(E/fy)^{.5} =</td> <td>28.42</td> </tr> <tr> <td>kc =</td> <td>0.81 Reducir tw</td> </tr> <tr> <td>k =</td> <td>1.00</td> </tr> </table>	hw=	120 mm	tw=	4 mm	bf=	64 mm	Reducir tf=	6 mm	Lb=	1.50 m	fy=	2530 kg/cm ²	(E/fy) ^{.5} =	28.42	kc =	0.81 Reducir tw	k =	1.00
hw=	120 mm																		
tw=	4 mm																		
bf=	64 mm																		
Reducir tf=	6 mm																		
Lb=	1.50 m																		
fy=	2530 kg/cm ²																		
(E/fy) ^{.5} =	28.42																		
kc =	0.81 Reducir tw																		
k =	1.00																		
2.- Condiciones de los Elementos																			
<p>hw/tw 24.41 Alma Sísmicamente Compacta Alma Altamente Dúctil</p> <p>bf/tf 5.08 Patín Sísmicamente Compacto Patín Altamente Dúctil</p>																			
3.- Propiedades Geométricas																			
Área= 12.79 cm ²	Peso= 10.04 kg/m																		
Inercia Ixx= 385.21 cm ⁴	Inercia Iyy= 27.61 cm ⁴																		
J= 1.41 cm ⁴	Cw= 1101.08 cm ⁶																		

$r_x =$	5.49 cm	$r_y =$	1.47 cm
$S_x =$	58.10 cm ³	$S_y =$	8.63 cm ³
$Z_x =$	66.76 cm ³	$Z_y =$	13.48 cm ³
$r_{ts} =$	1.73 cm		

4.- Resistencia a Flexión			
$\emptyset M_n =$	1.11 t*m		
$M_a =$	0.74 t*m		

Tabla 13. Diseño Viga IPE 120

A continuación se muestran los gráficos de relación de esfuerzos que se obtuvieron del programa de análisis estructural denominado SAP2000.

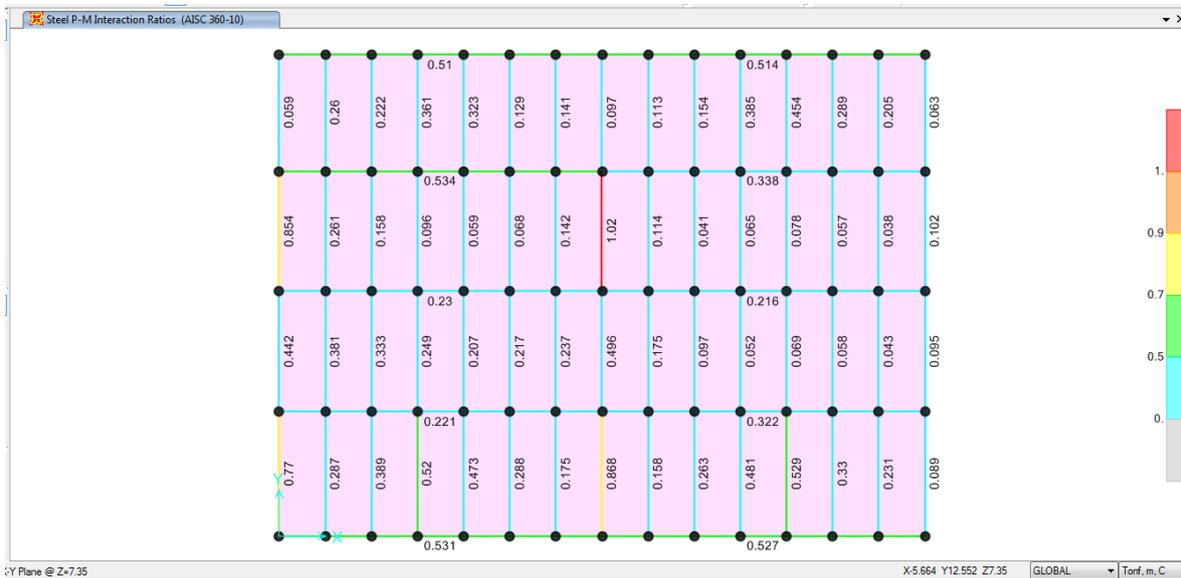


Figura 11. Relación de Esfuerzos en Vigas

10.3 Conexión Viga Principal y Secundaria

Existen varios tipos de conexiones viga columna, dentro de este amplio grupo destacan tres tipos básicos de conexiones viga columna:

- Cuando una conexión cuenta con una resistencia completa a momento y por lo tanto, a la rotación se le llama conexión rígida,
- Una conexión que no opone ninguna resistencia a la rotación se conoce como simple.
- Existe además otro tipo de conexiones cuyas características rotacionales caen en algún punto entre las de los dos tipos antes mencionados; este tipo de conexiones recibe el nombre de semirrígidas.

En la práctica resulta imposible lograr que una conexión sea totalmente rígida o flexible, es por esa razón que para clasificarlas se ha considerado el porcentaje de restricción total a momento - rotación que se desarrolla en la conexión.

En los planos de la Ingeniería Estructural se puntualizaran los detalles constructivos de estos elementos.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se analizó la estructura total, tal como se pretende construir, el comportamiento estructural es el adecuado.

Se analizó la estructura considerando que no tenga afectación con el diseños arquitectónico, sin embargo se debe comprobar la unión monolítica entre el sistema de cubierta y los muros estructurales, para garantizar su correcto funcionamiento.

Se realizó el diseño de los elementos estructurales principales y secundarios, considerando los elementos más esforzados para verificar que su capacidad esté dentro de los rangos aceptables razonables de resistencia.

El constructor deberá proveer el sistema de conexiones de vigas, de tal manera que se cumpla la filosófica de diseño estructural, garantizando que las vigas sean agotadas en flexión, evitando de esta manera el colapso de la estructura, frente a las acciones de fuerzas horizontales equivalente producidas por eventuales movimientos sísmicos.

El proveedor del sistema de cubierta, deberá indicar el sistema constructivo adecuado en cuanto a ubicación de conectores de cortante y además garantizar que el comportamiento del sistema sea el adecuado frente al aumento de esfuerzos producidos por eventuales movimientos sísmicos, siguiendo las recomendaciones estipuladas en las publicaciones del Steel Deck Institute.

Se recomienda que antes de proceder a ejecutar los trabajos preliminares propuesto en el presente documento, se realice una visita técnica para conocer las condiciones reales de implantación del proyecto, de esta manera comprobar y ratificar los parámetros de diseño.

Ing. Carlos Avelino Córdova Santafé
EXPERTO ESTRATÉGICO
PROYECTO INMOBILIARIO ESTRATÉGICO
SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PUBLICO INMOBILIAR