



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

ALUMNO: GARCÍA, Martín M.

LEGAJO: 08365

CARRERA: Ingeniería Civil

PROYECTO: Concerta

EMPRESA O INSTITUCIÓN: Estudio de Ingeniería Estructural J. Cano

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Ing. Jorge Cano

PERIODO DE PRÁCTICA: 28/03/2016 hasta 27/06/2016

AÑO: 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1) Objetivo general.....	2
2.2) Objetivos específicos.....	2
3. DESARROLLO.....	2
4. ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	3
5. ALCANCE DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA.....	4
5.1) Edificio de Conferencias.....	6
5.2) Edificio Auditorio.....	15
6. CONCLUSIÓN.....	22
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1) INTRUDUCCIÓN:

La materia de práctica profesional diseñado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, tiene como propósito acercar a los alumnos avanzados de la carrera a una realidad laboral inmediata, potenciando sus habilidades en la solución de problemas que se presentan en su área de trabajo, como también el desarrollar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

El informe final indica las actividades desarrolladas dentro de la institución donde se llevan a cabo las prácticas, como así también las estrategias utilizadas para la realización de las mismas, durante el tiempo de duración de dicha actividad.

Es así que se busca, con las prácticas profesionales, mejorar las competencias y destrezas de los alumnos próximos a finalizar sus estudios.

2) OBJETIVOS:

2.1)Objetivo general:

- ✓ Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante el cursado de la carrera.

2.2)Objetivos específicos:

- ✓ Insertar al alumno en el mundo laboral.
- ✓ Conocer el funcionamiento de las actividades desarrolladas dentro de un estudio de Ingeniería Estructural.
- ✓ Ser un empleado productivo en la empresa.

3) DESARROLLO

Desde el lunes 15 de febrero hasta el viernes 29 de julio de 2016 estuve trabajando en el Estudio de Ingeniería Estructural del Ing. Jorge Cano (figura 1), el que está ubicado en el complejo privado “Club de Campo Mendoza”, en Guaymallén.

Durante el período mencionado, estuve realizando diseño y cálculos estructurales mediante la utilización de Softwares. En particular, me dediqué al cálculo y dimensionamiento de un Centro de Convenciones que se ubicará en Chacras de Coria, Luján de Cuyo.



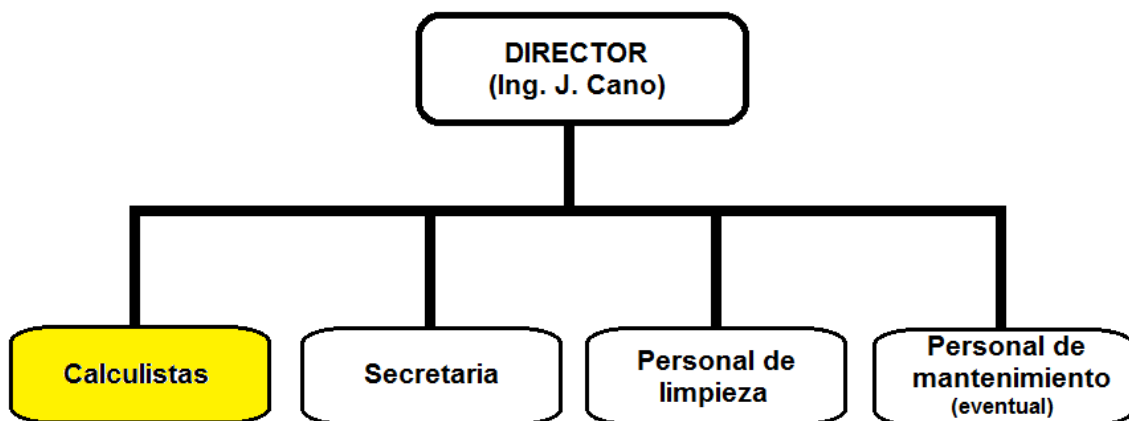
Figura 1: Estudio de Ing. Estructural J. Cano.

4) ESTRUCTURA FUNCIONAL

El Estudio de Cálculo en el que estuve trabajando es una Organización pequeña, la cual está precedida y dirigida por el Ingeniero Jorge Cano, y luego estamos las personas encargadas de diseñar y calcular los planos de arquitectura recibidos.

En forma paralela trabaja la Secretaria, el personal de limpieza y eventualmente, personal encargado de mantenimiento.

A continuación se detalla el organigrama de la estructura funcional.



Al Estudio llegan los planos de arquitectura ya terminados, por lo que sólo nos dedicamos a diseñar la estructura y dimensionar los elementos componentes. Por supuesto que esto a veces conlleva una modificación en la arquitectura del proyecto, la cual se acuerda con el Arquitecto que concibió el diseño.

También, la tarea de los calculistas es verificar que en la obra se esté construyendo según los requisitos estructurales planteados. Aunque yo personalmente no tuve la posibilidad de hacer visita de obra debido a mi corta estadía en la empresa y a que el proyecto en el que trabajé aún no se comienza a construir.

A medida que se avance en el informe, se describirá más detalladamente mis tareas realizadas y el proyecto correspondiente.

5) ALCANCE DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Las tareas que realizaba cumpliendo el rol de calculista se resumen en la siguiente lista:

- Revisión de planos de Arquitectura.
- Permanente comunicación con el Arquitecto a cargo del proyecto.
- Diseño de sistemas estructurales.
- Confección de memoria de cálculo.
- Predimensionado criterioso de los elementos estructurales.
- Modelación computacional.
- Redimensionado estructural según solicitudes indicadas en la respuesta del modelo mediante la utilización de planillas de cálculo.
 - Dibujo de planos de estructura.
 - Dibujo de planos de detalles constructivos.

Haciendo referencia al proyecto en particular en el que estuve trabajando, se trata de un centro de convenciones llamado "Concerta". Este es un complejo de 13.143 m² que consta de cinco edificios calculados independientemente uno del otro, más un sector de pasillo.

En la figura 2 se muestra un croquis del proyecto en cuestión. A cada edificio se le asignó una letra que lo identifica al momento de visualizar planos, planillas de cálculo y otros documentos de interés.

La utilidad de este centro de convenciones está orientada principalmente a eventos nacionales e internacionales relacionados con el avance de la medicina oftalmológica, ya que el terreno pertenece al reconocido oftalmólogo Dr. Roberto Zaldívar. La obra

estará a cargo del Gobierno de Mendoza debido a que este centro de convenciones es de gran interés para los avances científico-tecnológicos y para las relaciones internacionales actuales con países orientales y las que generará en el futuro.

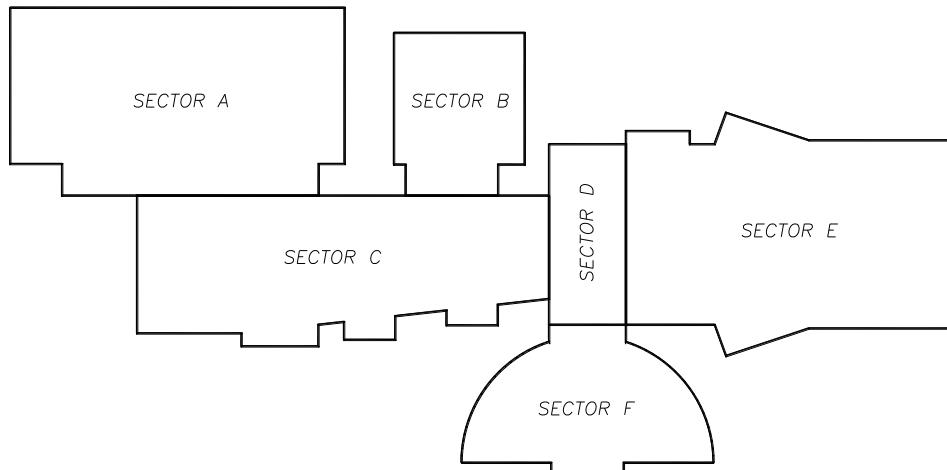


Figura 2: Croquis del proyecto Concerta.

El terreno donde se llevará a cabo la obra se encuentra ubicado en la localidad de Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Dicha ubicación se muestra en la figura 3.

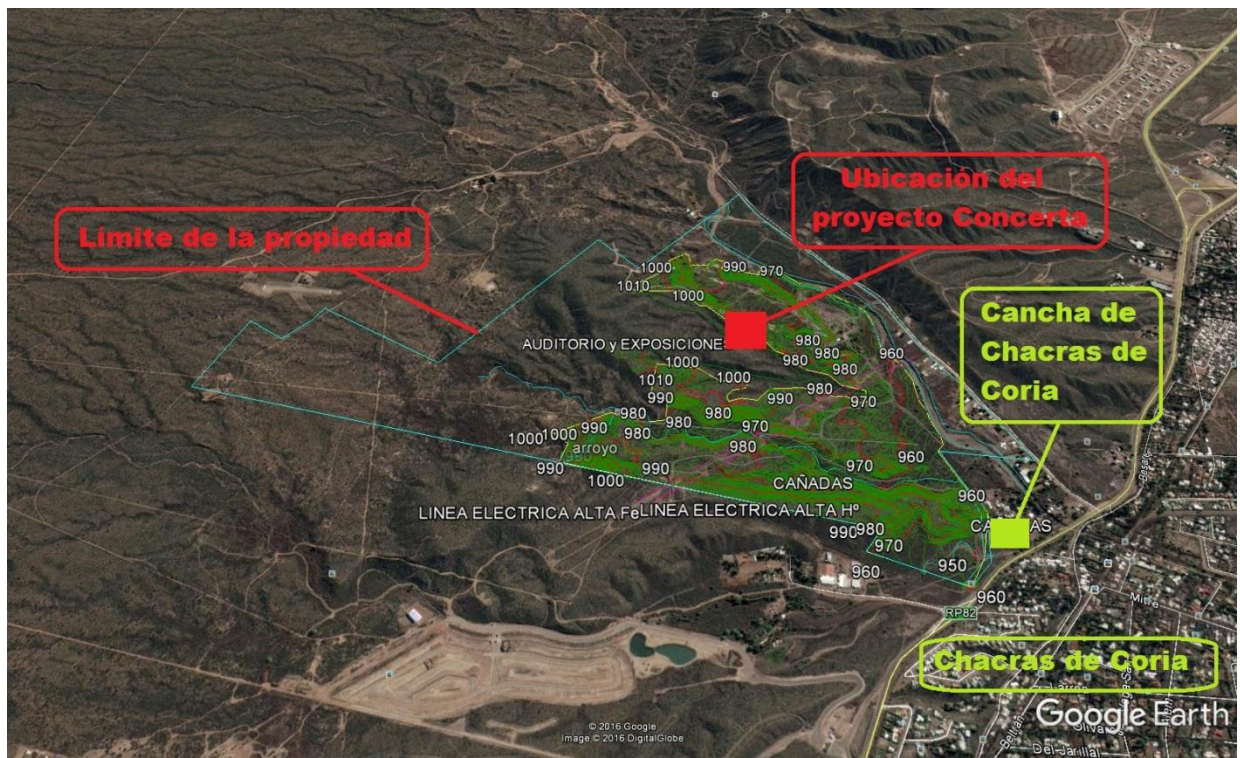


Figura 3: Foto satelital de la ubicación del proyecto.

Siguiendo las referencias que muestra la figura 2, cuando yo entré al estudio ya estaban diseñados y calculados los edificios “A” (Convenciones), “C” (Acreditaciones), “D” (sector de pasillo) y “F” (Anfiteatro); por lo que mi primera tarea fue diseñar y dimensionar los elementos del edificio “B”, es decir, el edificio de Conferencias. Una vez terminada la tarea sobre el edificio de Conferencias, me tuve que avocar al quinto y último edificio del complejo, el Auditorio.

El dimensionamiento de todos los elementos estructurales de esta obra se realizaron utilizando planillas de cálculo confeccionadas en el mismo estudio, siguiendo los lineamientos del reglamento INPRES CIRSOC 103-05 para los elementos de hormigón y del reglamento CIRSOC 301-05 para los elementos metálicos.

A continuación, se detallarán por separado las tareas que tuve que realizar en los dos edificios mencionados anteriormente, como así los problemas que se fueron suscitando durante la práctica.

5.1) Edificio de Conferencias

El edificio de Conferencias abarca una superficie de 1.173 m² y está dividido en dos partes bien definidas que se muestran en la planta de la figura 4, más un puente flexible que une este edificio con el de Convenciones.

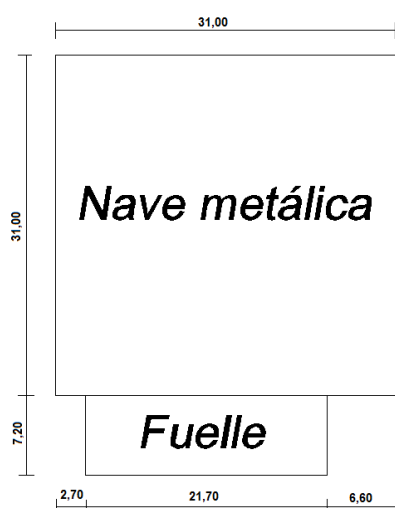


Figura 4: Croquis del edificio de Conferencias.

1. Por un lado, una nave de aproximadamente 960 m² (planta cuadrada con 30 m de lado) con estructura predominantemente metálica. Esta nave tiene dos plantas y una altura de 10 metros.

En esta nave, comencé por completar algunos planos que habían quedado incompletos, en donde ya se había hecho la mayoría del diseño estructural. Una vez hecho esto comencé a dimensionar la estructura reticulada tridimensional de la de la cubierta, mostrada en la planta de cubierta de la figura 5. Además, se añade la figura 6, donde se detalla la estructura reticulada mediante un zoom.

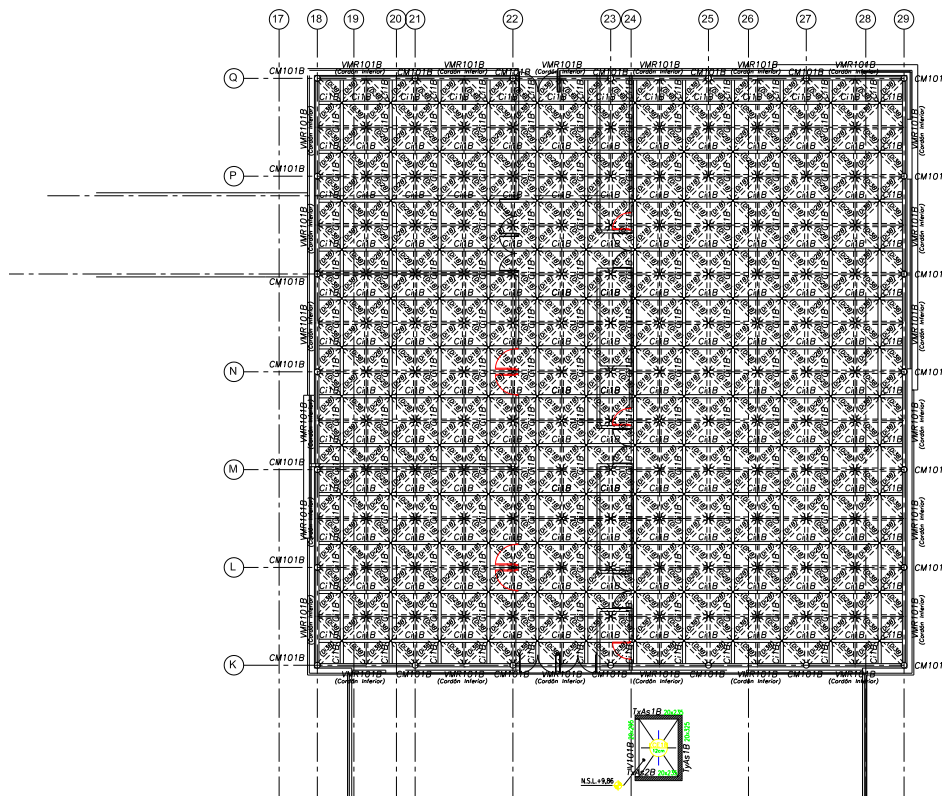


Figura 5: Planta de estructura de cubierta.

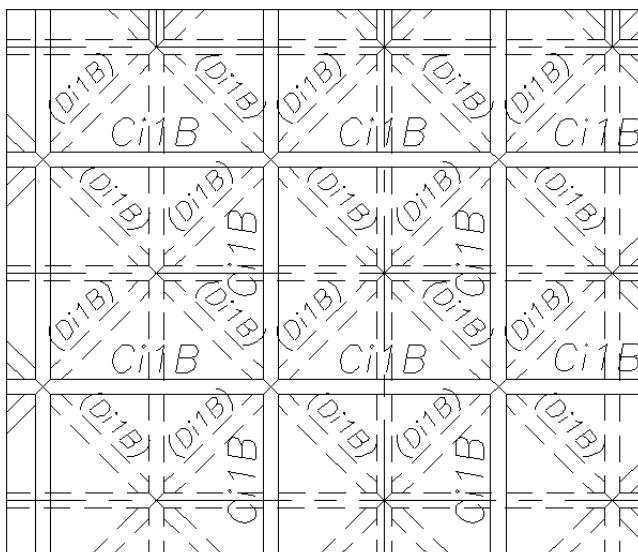
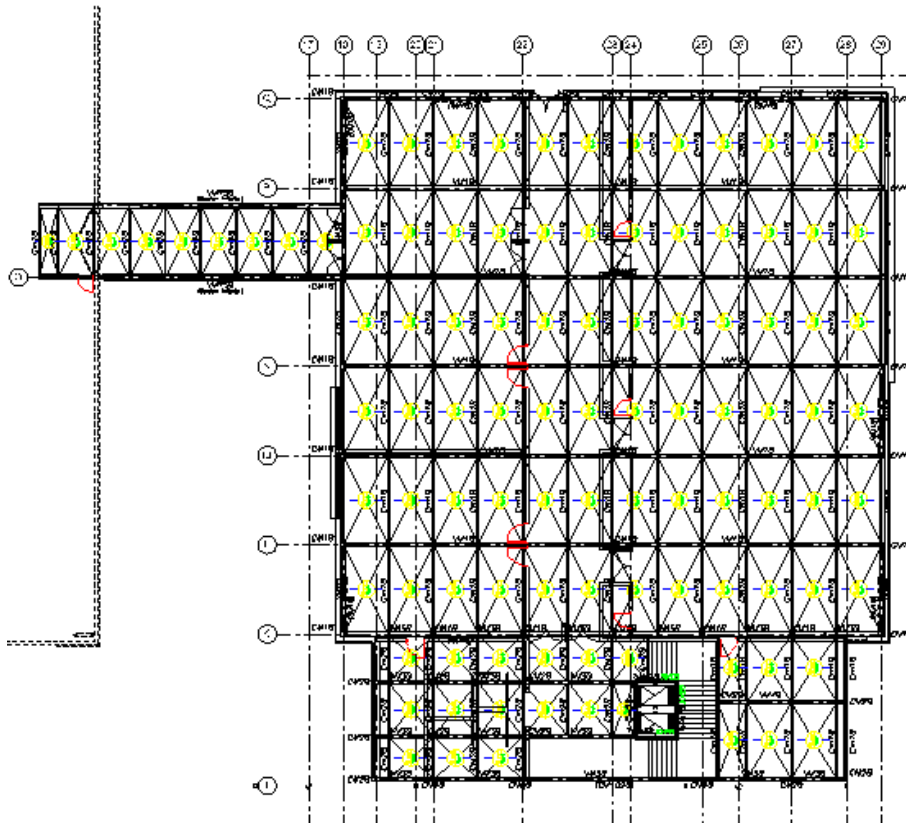


Figura 6: Detalle en planta de estructura de techo reticulada.

Una vez determinadas las secciones transversales de las barras de la estereo-estructura, seguí el procedimiento lógico, continuando con vigas, columnas, tensores y diagonales (el diseño de uniones se dejó para más adelante). Así completé el



dimensionamiento de los elementos metálicos de la nave. En la figuras 7 y 8 se muestran las plantas de estructura de entrepiso (Steel Deck) y estructura de fundación respectivamente.

Figura 7: Planta de entrepiso materializado con Steel Deck.

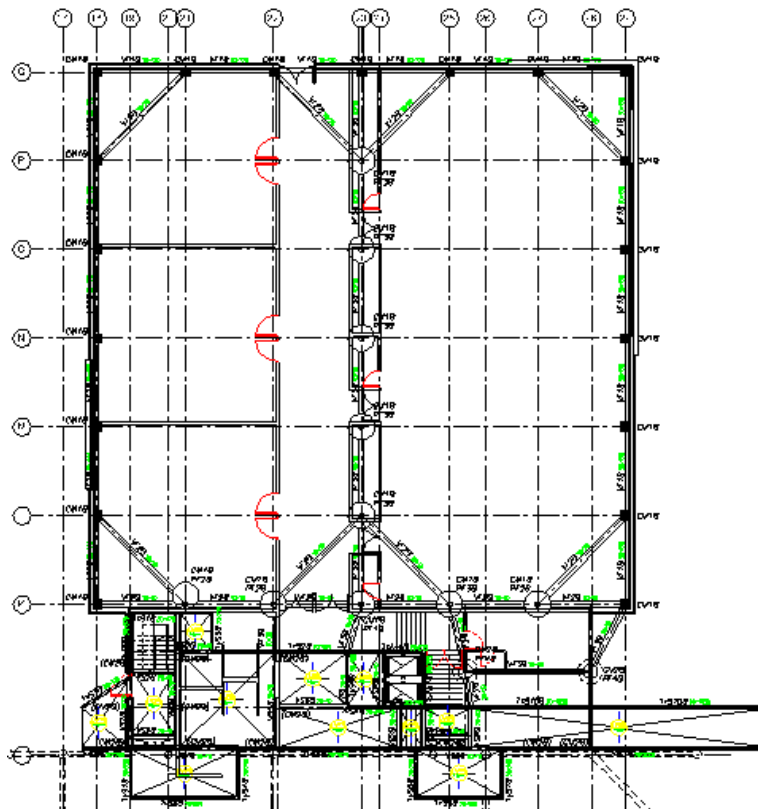


Figura 8: Planta de estructura de fundación.

Al comenzar a trabajar en este proyecto, ya estaba hecho el modelo estructural tridimensional en el programa “Etabs” (figura 9), el cual se utiliza en este estudio para modelar las estructuras y obtener las solicitaciones en cada elemento.

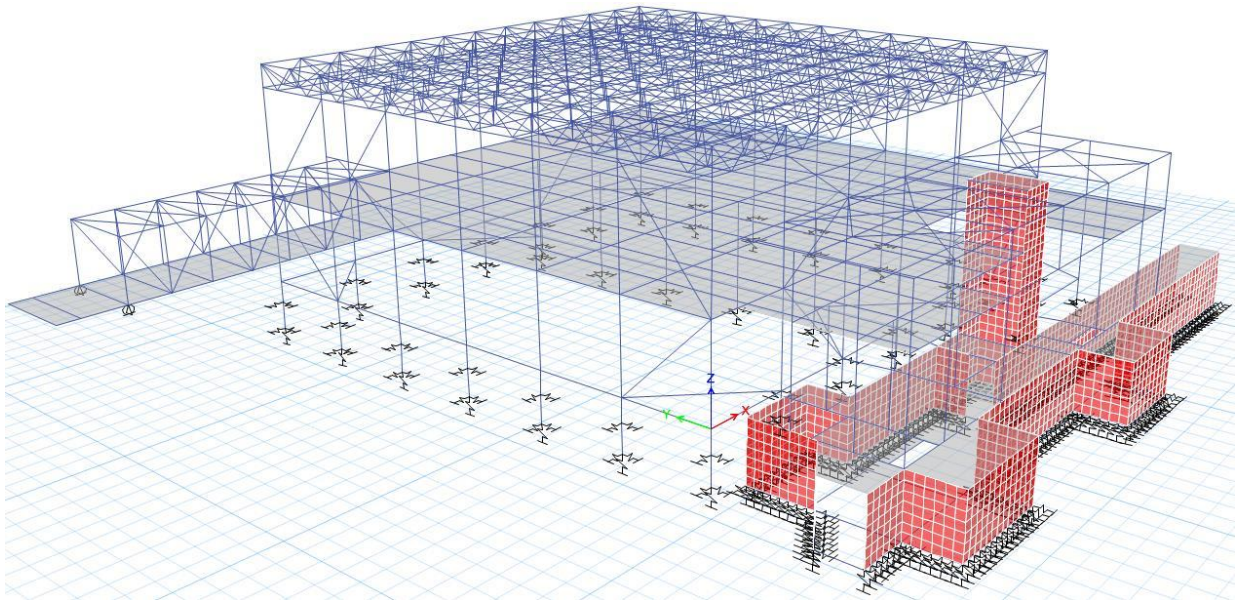
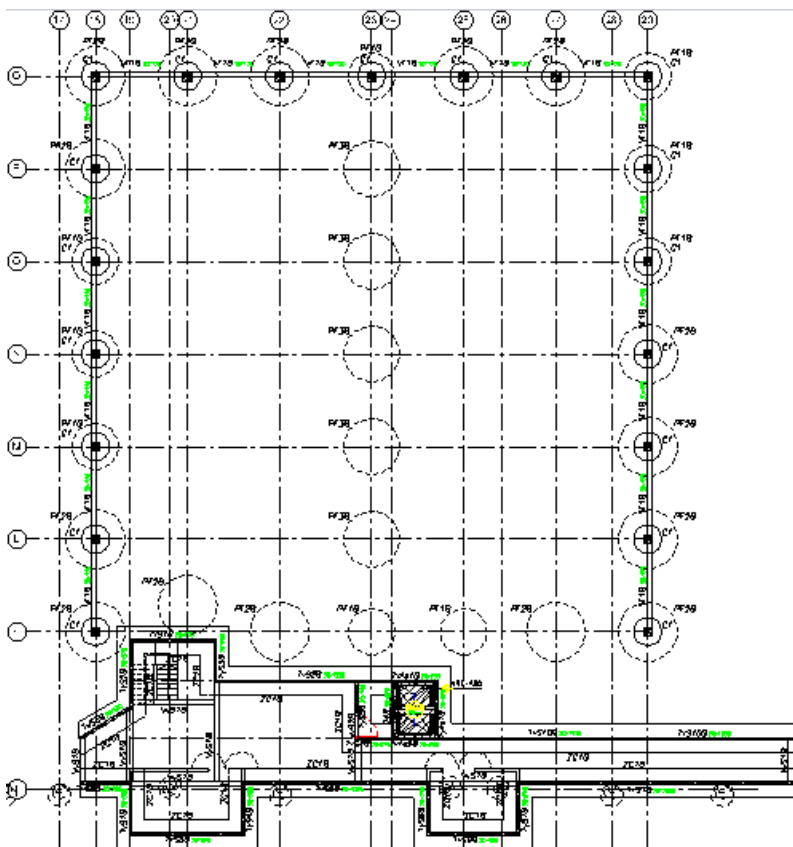


Figura 9: Modelo tridimensional de la estructura del edificio de Conferencias hecho con el programa “Etabs”.



Al llegar a las bases tuve que dimensionar los pozos en los que se fundará la nave, ya que se diseñó fundada sobre 29 pozos. La mayoría de estos pozos verificaron para 2,70 m de profundidad y 1,20 m de diámetro. En la figura 10 se muestran los pozos en una planta de fundación.

Figura 10: Planta de fundación del edificio de Conferencias.

2. En cuanto al otro sector de edificio, el fuelle, es la parte que comunica al edificio de Conferencias con el de Acreditaciones. La estructura resistente se basa en una serie de tabiques fundados con zapatas corridas, losas macizas en planta baja, entrepiso de Steel Deck y cubierta metálica con tensores diagonales. En la figura 11 se muestra un esquema tridimensional de la zona de fuelle obtenido del modelo estructural de Etabs.

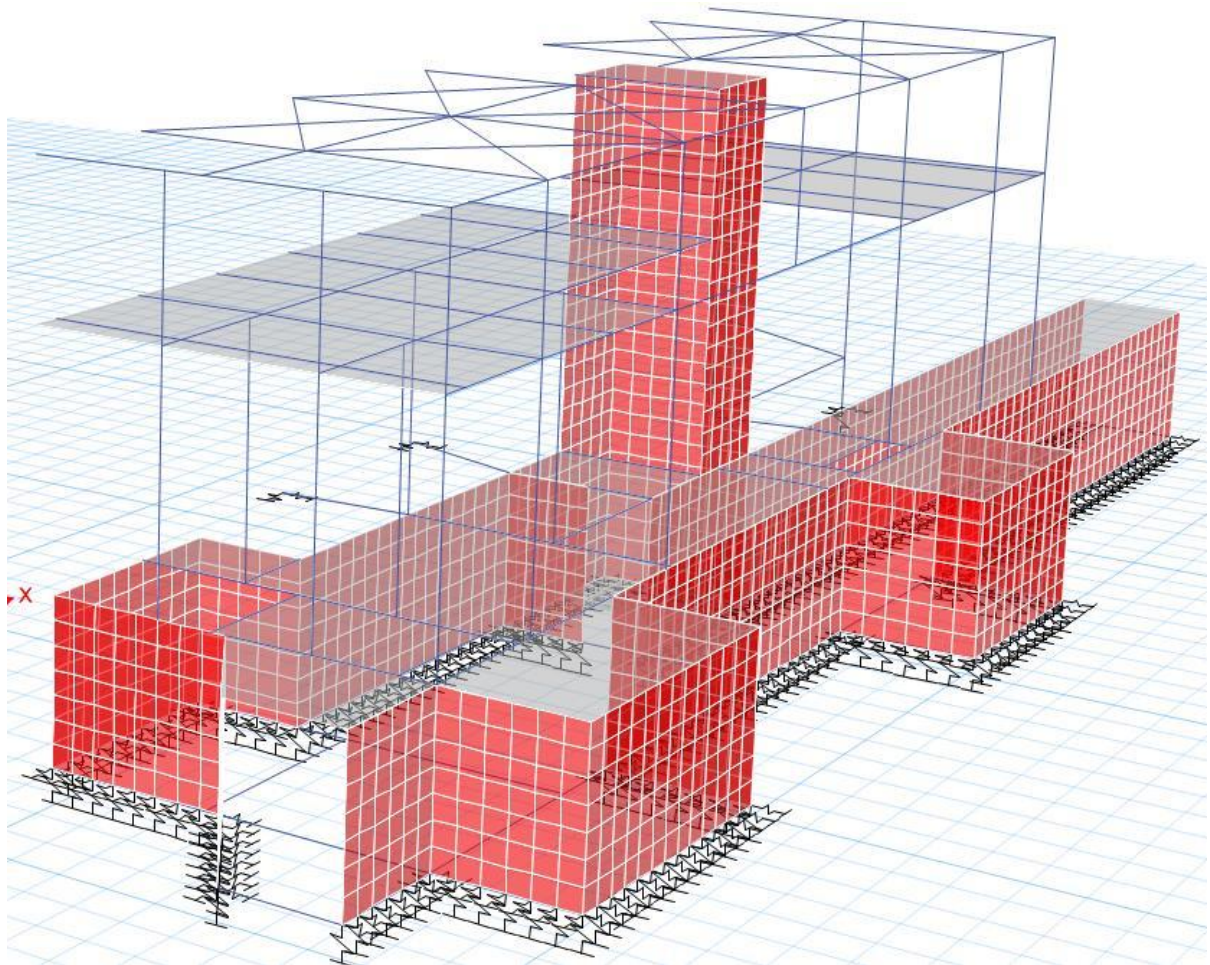


Figura 11: Vista tridimensional de la estructura modelada del sector de "fuelle" del edificio de Conferencias.

En el cálculo de este sector comencé a utilizar planillas de elementos de hormigón para tabiques, losas y fundaciones. Anteriormente, había utilizado planillas de vigas de hormigón armado para las vigas de fundación de la nave metálica.

En este momento de mi práctica se suscitó uno de los mayores inconvenientes que tuve. Durante el cálculo de los tabiques que muestra la figura 11, resultó que uno de ellos, según el modelo en Etabs, estaba siendo solicitado a tracción por una carga

Me llevó un buen tiempo encontrar el problema en la modelación de ese tabique, pero finalmente resultó que estaba fuertemente unido a un diafragma horizontal, que a su vez se unía a todo el entrepiso de la nave metálica.

Fue aquí donde tuve una gran enseñanza por parte del Ingeniero Cano, quien me hizo ver, a través de este ejemplo, cómo hay que tener un ojo crítico y siempre analizar los datos que entregan los programas.

Obviamente que el programa no se había equivocado, el software siguió perfectamente las condiciones de la estructura que se modeló. El tema está en saber interpretar los datos que arroja porque siempre se puede haber cometido un error en la modelación. O tal vez no es un modelo erróneo, pero difiere de la construcción real, por lo que pueden cambiar las solicitaciones simplemente por una diferencia en una simple unión.

Finalmente, para solucionar este tema tuve que hacer dos cosas:

- Desvincular el tabique del diafragma en el modelo. Esto hizo disminuir la tracción en el tabique, pero no lo suficiente. De 650 toneladas había disminuido a 460, lo que aún era bastante.

- La otra acción que tuve que tomar surge de la experiencia del Ingeniero Cano, que después de estar buscando el error en el modelo durante mucho tiempo me dijo que redujera la rigidez del tabique (en forma ficticia) para que tomara una tracción más coherente. Fue así que en el modelo reduje la rigidez del tabique y la verdadera tracción absorbida la calculé a mano.

Mi trabajo en el edificio de Conferencias concluyó con la confección de las planillas de elementos estructurales que se adjuntaron en los planos de estructuras. En los planos, cada planta de estructura debe ir acompañada por planillas en donde figuren todos los elementos que se encuentran en la planta.

Así, se ponen como ejemplo en las figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18 las planillas que acompañan a la planta de fundación de la figura 10. Además, en la figura 19 se muestra la planilla que confeccioné para todos los elementos metálicos del edificio de Conferencias.

Tensión máxima de terreno (servicio normal) =							10		t/m ²						
Tensión máxima de terreno (servicio con sismo) =							20		t/m ²						
Desig. Cilindro	Nivel Fundac.	Dimensiones del Cilindro					Solicitaciones		Armadura						
		φ s	φ i	H	hs	hi	Nu-	Nu +	Longitudinal				Estribos		
									As	A _{min}	cant.	φ	A _{calc}	φ	Sep.
m	m	m	m	m	t	t	cm ²	cm ²	nº	mm	cm ²	mm	cm		
PF1B	-3.00	1.50	2.50	3.00	1.50	1.50	82.77	0.00	0.00	35.34	18	16	36.19	8	19
PF2B	-4.00	1.50	3.20	4.00	1.45	2.55	146.85	61.50	16.27	35.34	18	16	36.19	8	19
PF3B	-4.00	1.50	3.00	4.00	1.75	2.25	131.42	0.00	0.00	35.34	18	16	36.19	8	19
PF4B	-1.50	1.00	1.40	1.50	0.90	0.60	28.90	0.00	0.00	15.71	8	16	16.08	8	19

Figura 13: Planilla de cálculo de pozos de fundación.

TABIQUES DE ASCENSOR														OBSERV.	
DESIG.	DIMENSIONES			ARM. DE BORDE DE COORDENADA MENOR			ARMADURAS PRINCIPALES				EST. DE BORDE		GANCHOS		
	Ht	e	L	Acalc.	nº	Ø	VERTICAL		HORIZONTAL		φ	Sep.	Ø		nº /
							Ø	Sep.	Ø	Sep.					
cm	cm	cm	cm ²	-	mm	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	m ²		
TABIQUES EN DIRECCIÓN X-X															
TxAs1B	1436	20	235	34.36	7	25	12	15	12	18	8	10	6	4	Interrumpir tres barras de borde en la cota +3,5 m, quedando una longitud total de barra de 8 m
TxAs2B	1436	20	235	34.36	7	25	12	15	12	18	8	10	6	4	Interrumpir tres barras de borde en la cota +3,5 m, quedando una longitud total de barra de 8 m
TABIQUES EN DIRECCIÓN Y-Y															
TyAs1B	1436	20	325	34.36	7	25	12	15	8	20	8	10	6	4	Interrumpir tres barras de borde en la cota +3,5 m, quedando una longitud total de barra de 8 m
T4B	130	20	325	34.36	7	25	12	15	8	20	8	10	6	4	

Figura 14: Planilla de cálculo de los cuatro tabiques del pozo de ascensor.

PLANILLA DE VIGAS DE VINCULACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO																		
POSICIÓN	DIMENSIONES				SOLICITACIONES ÚLT.						ARMADURA LONGITUDINAL POR CARGA AXIAL					ARMADURA TRANSVERSAL		
	b	d	r	h	Mu +	Mu -	Qu+ 2-2	Qu+ 3-3	Nu +	Nu -	Ast nec	Armadura	CUANTÍAS				ESTRIBOS	Ae
													Ast	μ _{min I}	μ _{min II}	μ		
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[tm]	[tm]	[t]	[t]	[t]	[t]	[cm ²]		[cm ²]	%	%	%	[cm ²]	
Vvs1B	20	20	4.0	16.0	0.49	-0.76	0.79	0.45	15.97	-14.57	4.22	4 Ø 12	4.52	0.27	0.33	1.13	Ø 6 C/15 cm	0.57
Vvs2B	15	20	4.0	12.0	5.78	-6.48	9.25	11.59	13.99	-28.34	3.70	4 Ø 12	4.52	0.27	0.33	%	Ø 6 C/15 cm	0.57

Figura 15: Planilla de cálculo de vigas de vinculación (solo están solicitadas a esfuerzo axial).

PLANILLA DE LOSA MACIZA BAJO ASCENSOR																	Acero Tipo III - oek = 4,200 t/cm ²														
Des.	Esp.	LUCES		ALTURAS		CARGAS		q	SOLICITACIONES						CORTE		ARMADURA INFERIOR					ARMADURA SUPERIOR					Observ.				
		Lx	Ly	hx	hy	g	p		UBIC.	Mx	Qx	UBIC.	My	Qy	τx	τy	Anecx	φ	Sep.	Anecy	φ	Sep.	Anecx	φ	Sep.	Anecy		φ	Sep.		
cm	cm	m	m	cm	cm	t/m ²	t/m ²	t/m ²	x	tm/m	t/m	y	tm/m	t/m	kg/cm ²	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	mm	cm	
LBA1B	20	2.7	3.4	8	9	0.50	0.50	1.00	Ap 1	0.00	0.82	Ap 4	0.00	0.64	0.04	0.03	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15
									Tramo	0.44	0.00	Tramo	0.27	0.00	0.00	0.00	2.55	12	15	1.39	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15
									Ap 3	0.00	0.82	Ap 2	0.00	0.64	0.04	0.03	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15	0.00	12	15

Figura 16: Planilla de cálculo de losa bajo ascensor.

COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO								
DESIG.	Dimensiones			Carga últ.	Cálculo de armadura			
	h	b	Ag	Pu	As mín	nº	φ	As
	[cm]	[cm]	[cm ²]	[t]	[cm ²]		[mm]	[cm ²]
C1	50	50	2500	67	25.00	8	20	25.13274

Figura 17: Planilla de cálculo de columnas de hormigón armado.

PLANILLA DE TABIQUES DE HORMIGÓN ARMADO - Solicitud en el plano X-X																					
DESIG.	DIMENSIONES			ARMADURAS PRINCIPALES (Doble Malla)										ESTR. BORDE				OBSERV.			
	Ht	e	L	ARM. POR BORDE			ARM. ESTR. HORIZ.				ARMADURA VERT.			Amin.			GANCHOS				
				Anec.	nº	Ø	Anec.	Amin	Ø	Sep.	Anec.	Amin	Ø	Sep.	Anec.	Amin.	φ		Sep.	A _{calc}	Ø
cm	cm	cm	cm ²	-	mm	cm ² /m	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	cm ² /m	mm	cm	cm ² /m	cm ² /m	mm	cm	cm ²	mm	m ²	
TABIQUES SEGÚN X-X																					
TxS1B	320	20	470	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS2B	320	20	985	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS3B	320	20	330	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
Tx4SB	320	20	215	0.00	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS5B	320	20	280	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS6B	320	20	1025	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS7B	320	20	1500	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS8B	320	20	625	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS9B	320	20	500	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TxS10B	320	20	1930	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	2.40	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TABIQUES SEGÚN Y-Y																					
TyS1B	320	20	290	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	6.96	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS2B	320	20	370	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	8.88	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS3B	320	20	235	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	5.64	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS4B	320	20	290	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	6.96	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS5B	320	20	190	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	4.56	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS6B	320	20	290	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	6.96	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4
TyS7B	320	20	290	4.52	4	12	7.71	4.00	8	15	15.71	6.96	10	10	0.092	0.118	6	15	0.942477796	6	4

Figura 18: Planilla de cálculo de tabiques en sector de fuele.

SALA DE CONFERENCIAS - PLANILLA DE ELEMENTOS METALICOS				Acero F24 - sf = 2,40 t/cm ²
DESIG.	DETALLE		DIMENSIONES ELEMENTO (mm)	
Cm101B	Correa Metálica de Cubierta		Perfil C 180x80x30x3,20 Presillas = 3,00 x 80 x 160 c/1000 mm	
CmR101B	Correa Metálica Reforzada de Cubierta		2 Perfiles C 180x80x30x3,20	
Cmp1B	Correa de Pared		2 Perfiles C 100x40x10x2,00	
Cm1B	Correas de Entrepiso		IPW 360x32.9	
Cm2B	Correas de Entrepiso		IPW 250x22.3	
VM1B	Viga Metálica de Entrepiso		Viga Cajón: 2 UPN + Chapas Laterales =7.9 (h _{viga} =1.00m)	
VM2B	Viga Metálica de Entrepiso		IPW 360x32.9	
VM3B	Viga Metálica de Entrepiso		IPW 410x46.1	
VM4B	Viga Metálica de Entrepiso		IPW 530x66.0	
VMR5B	Viga Metálica Reticulada de Puente	Cordón Superior	IPW 250x17.9	
		Cordón Inferior	IPW 360x32.9	
		Diagonales	Tubo Circular Ø 168.3x3.20	
		Diagonales	Tubo Circular Ø 101.6x3.20	
VMR101B	Viga Metálica Reticulada de Cubierta	Cordón Superior	Tubo Circular Ø 168.3x4.76	
		Cordón Inferior	Tubo Circular Ø 168.3x4.76	
		Diagonales	Tubo Circular Ø 101.6x4.00	
VM102B	Viga Metálica de Cubierta		IPW 360x32.9	
VM103B	Viga Metálica de Cubierta		IPW 360x32.9	
VM104B	Viga Metálica de Cubierta		IPW 250x17.9	
CM1B	Columna Metálica		Tubo Circular Ø 323.8x7.95	
CM2B	Columna Metálica		Tubo Circular Ø 219.1x6.35	
CM101B	Columna Metálica		Tubo Circular Ø 323.8x7.95	
CM102B	Columna Metálica		Tubo Circular Ø 219.1x6.35	
Elementos de Estéreo Estructura	Cs1B	Cordón Superior	Tubo Circular Ø 101.6x6.35	
	Ci1B	Cordón Inferior	Tubo Circular Ø 101.6x6.35	
	Di1B	Diagonales 1	Tubo Circular Ø 63.5x3.20	
	Di2B	Diagonales 2	Tubo Circular Ø 72.2x3.20	
	Di3B	Diagonales 3	Tubo Circular Ø 101.6x6.35	
DM1B	Diagonales de Arriostamiento 1		Tubo Circular Ø 323.8x7.95	
DM2B	Diagonales de Arriostamiento 2		Tubo Circular Ø 219.1x4.75	
TM1B	Tensores de Arriostamiento 1		Hierro Redondo Macizo Ø 25	
TM2B	Tensores de Arriostamiento 2		Hierro Redondo Macizo Ø 8	

Figura 19: Planilla de detalle de elementos metálicos a utilizar en la estructura del edificio de Conferencias.

5.2 Edificio Auditorio

El segundo edificio que tuve que calcular en las prácticas fue el Auditorio, que a su vez era el último edificio que quedaba por calcular del proyecto “Concerta”. En el croquis presentado en la figura 2, el Auditorio es el edificio “E”.

El Auditorio es un edificio bastante complejo, que consta de un sector de gradas en forma de arco circular, un sector de ingreso construido con losas nervuradas, unos pasillos de servicio donde se encuentra el sector de “proyección”, un escenario, una parrilla en altura que sostendrá el telón y un cilindro de hormigón armado de 7,70 metros de altura, como sectores más particulares. En las figura 20 y 21 se muestran dos vistas del modelo estructural hecho en Etabs.

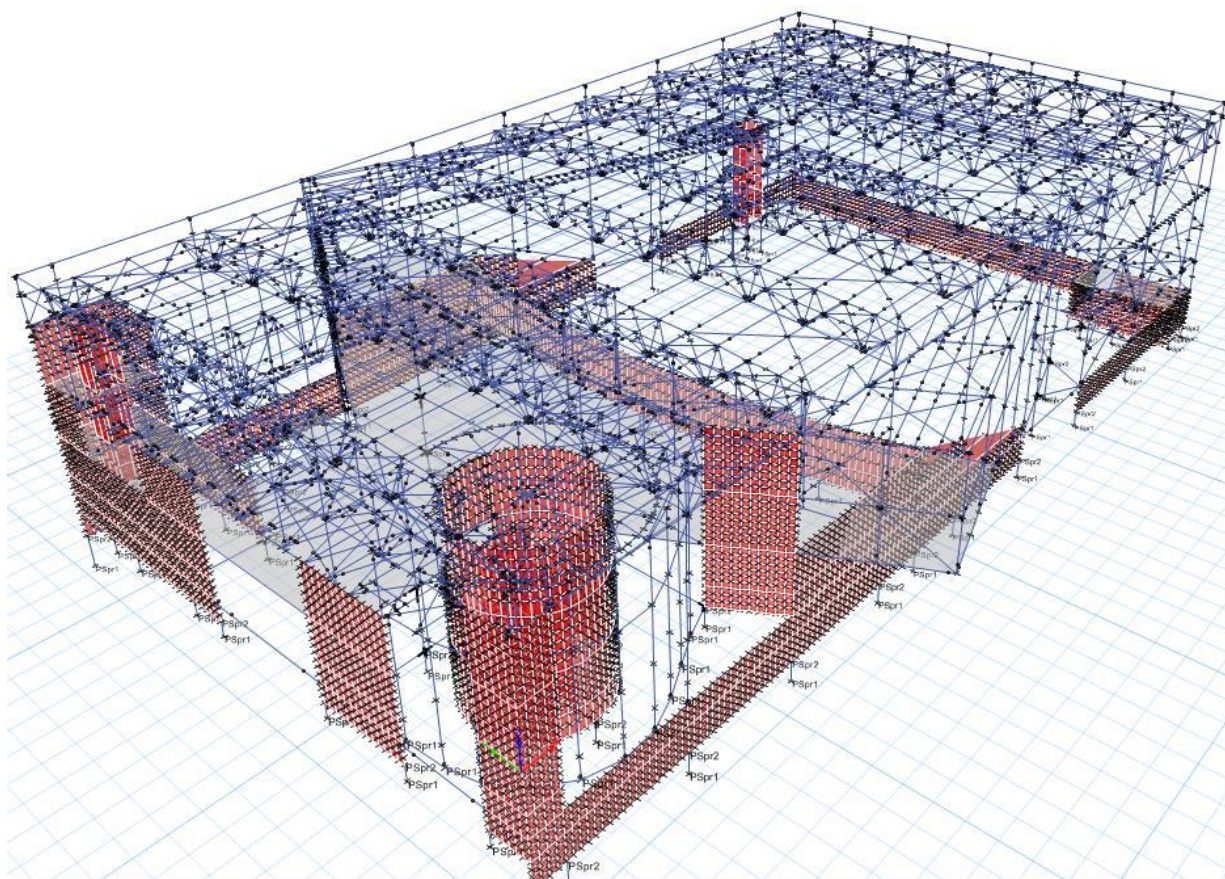


Figura 20: Vista frontal-lateral derecha del modelo hecho en Etabs del Auditorio.

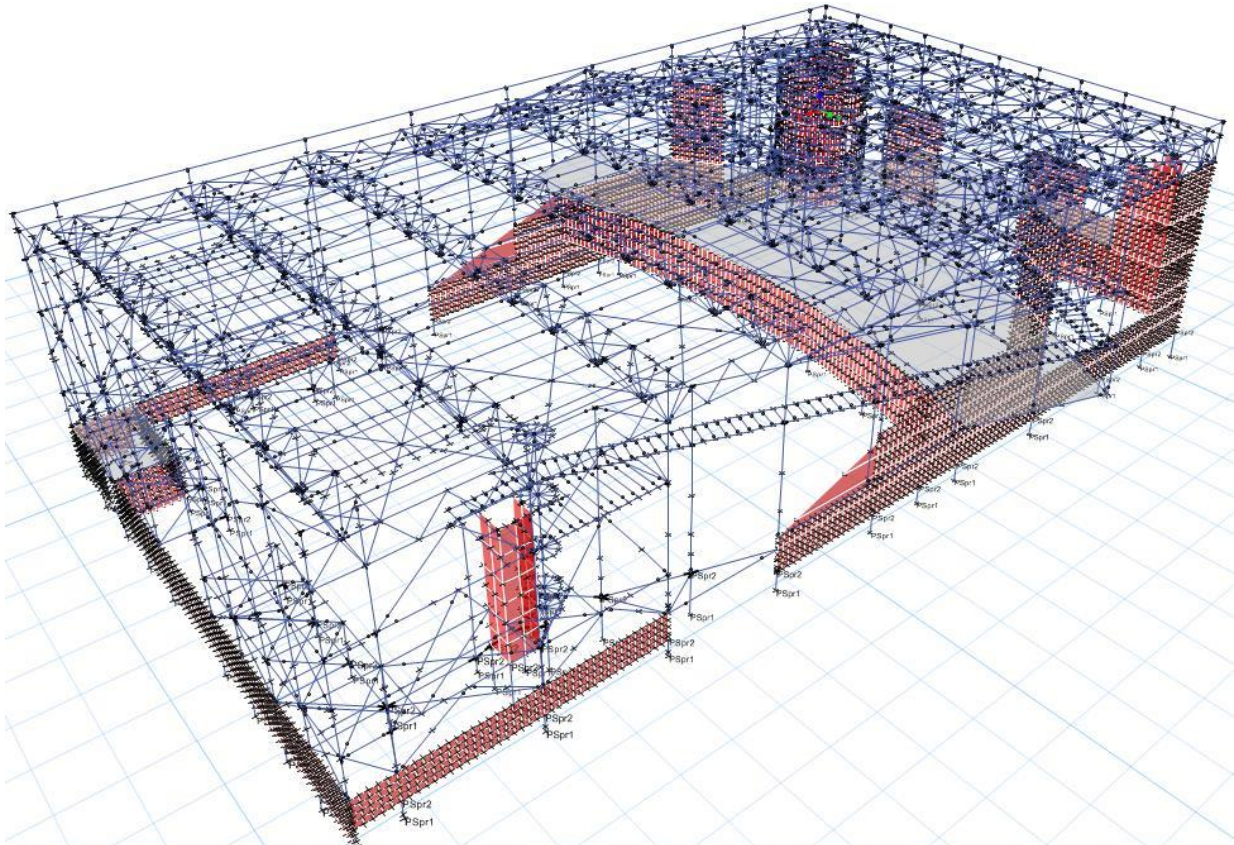


Figura 21: Vista posterior-lateral izquierda del modelo hecho en Etabs del Auditorio.

A continuación, en las figuras 22 a 25, se muestran las plantas a diferentes cotas del Auditorio.

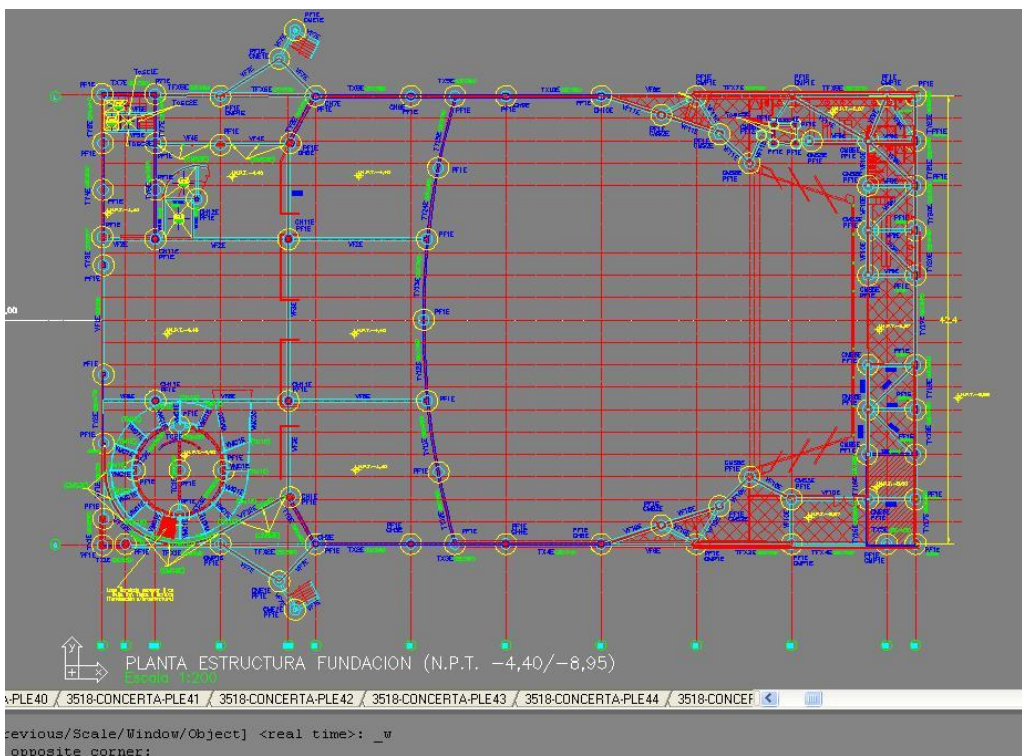


Figura 22: Planta de estructura de fundación del Auditorio.

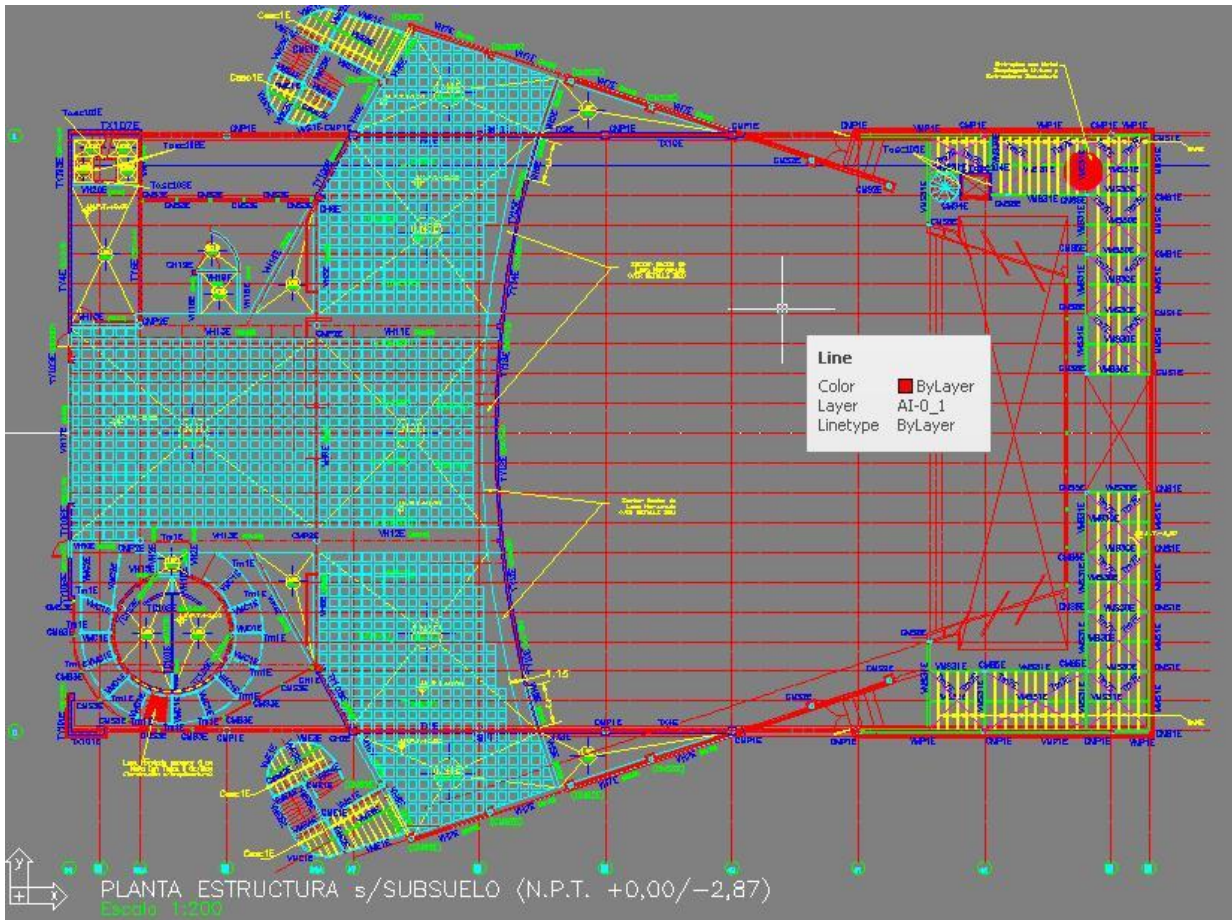


Figura 23: Planta de estructura del Auditorio en cota 0,00 en parte anterior y nivel -2,87 en parte posterior.

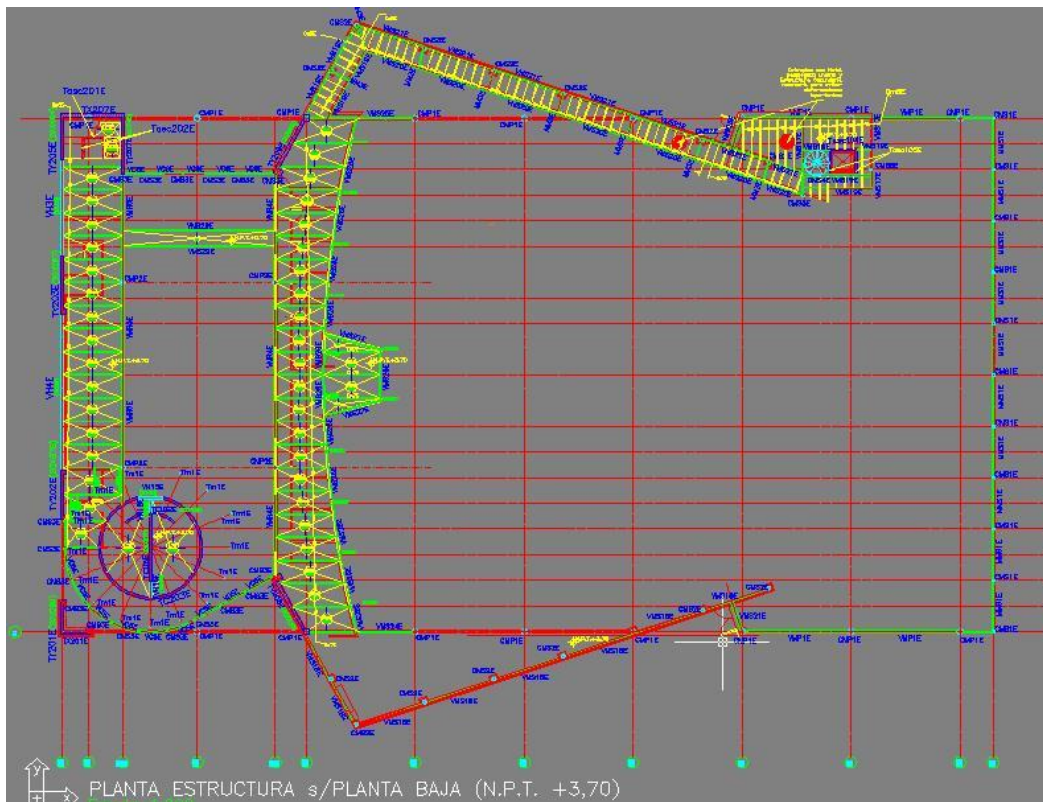
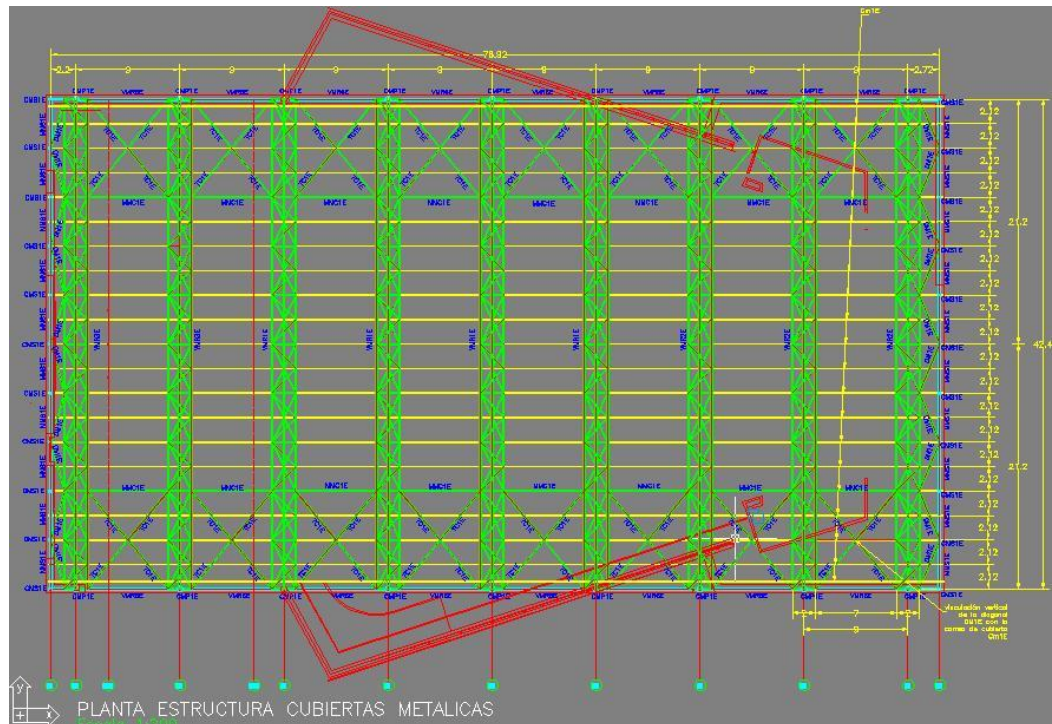


Figura 24: Planta de estructura del Auditorio en cota +3,70. Aquí se pueden observar los pasillos de servicio y el sector de “proyección”.

Figura 25:
Planta de
estructura de
cubierta del
Auditorio.



Cuando yo comencé a trabajar en este edificio, ya estaba hecho el modelo de las figuras 20 y 21. De todas maneras, al momento de ir analizándolo detalladamente, elemento por elemento, fueron saliendo a la luz varios detalles que debí modificar en el modelo estructural.

Este edificio cuenta con una cubierta metálica sostenida por una serie de correas y nueve vigas reticuladas que cruzan todo el Auditorio en forma transversal. Estas vigas reticuladas se pueden observar en la planta de la figura 25 y también se muestran en la figura 26 obtenida del modelo de Etabs.

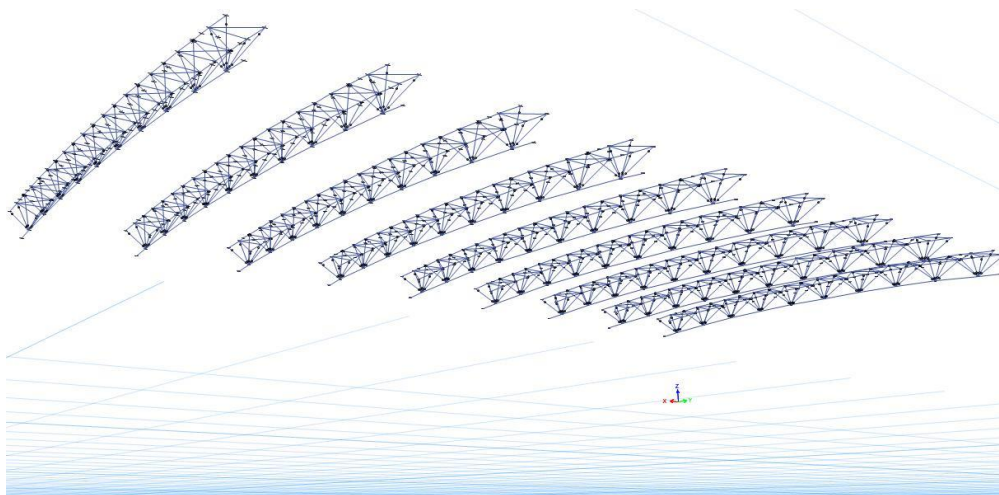


Figura 26: Vista
tridimensional de
las vigas de
techo reticuladas
del Auditorio.

El ingreso principal al edificio es a través del sector de pasillo (sector "D"), que es el considerado nivel 0,00. El hall de entrada está compuesto por una losa nervurada de grandes dimensiones. Estas losas nervuradas se observan en la planta de nivel 0,00 mostrada en la figura 23. Sobre ella, a 3,70 metros de altura, se encuentra una serie de pasillos de servicio junto con el sector de proyección.

Esta losa nervurada está enmarcada por vigas de grandes luces, que debido a cargas de servicio de las losas nervuradas, requerían un gran suministro de resistencia. El problema principal de estas vigas, es que bajo ellas había un sótano de servicio con un cielo raso demasiado bajo, por lo que no se lo podía dar a las vigas las alturas necesarias que requería su resistencia última.

Este problema se solucionó ensanchando la viga de tal manera de comprender dos nervios de la losa de cada lado, haciendo una viga con una base mayor a su altura. Si bien desde el punto de vista de la eficiencia estructural no es lo adecuado, fue una solución válida, ya que no se aumentó más de lo permitido la altura de la viga y se ensanchó lo suficiente para poder colocar toda la armadura longitudinal de tracción que requería.

Por cuestiones de distribución de esfuerzos, las vigas a un lado y otro de la losa no están siendo solicitadas con igual intensidad. Por lo tanto, las vigas VH12E y VH13E quedaron armadas de forma diferente.

Además, debido a la gran cantidad de armadura que requirieron esas vigas y teniendo en cuenta la luz que poseen, es que la interrupción de armadura longitudinal superior era preponderante en la parte económica, razón por la cual se debió analizar dicho aspecto.

En definitiva, ambas vigas quedaron con una base de 180 cm y una altura de 100 cm. La viga VH12E quedó como muestra la figura 27: con 21 hierros del 25 en la parte superior y 42 hierros del 25 en la parte inferior (dispuestos en dos capas). Con una disposición de estribos como muestra la misma figura, con 8 ϕ 12 c/10 cm. Mientras que la viga VH13E quedó como muestra la figura 28: con 25 hierros del 25 en la parte superior y 42 hierros del 25 en la parte inferior. Con una disposición de estribos como muestra la misma figura, con 6 ϕ 12 c/10 cm. En las figuras mencionadas se detallan las barras a interrumpir, mientras que la longitud de cada barra se indica en la planilla de cálculo pertinente.

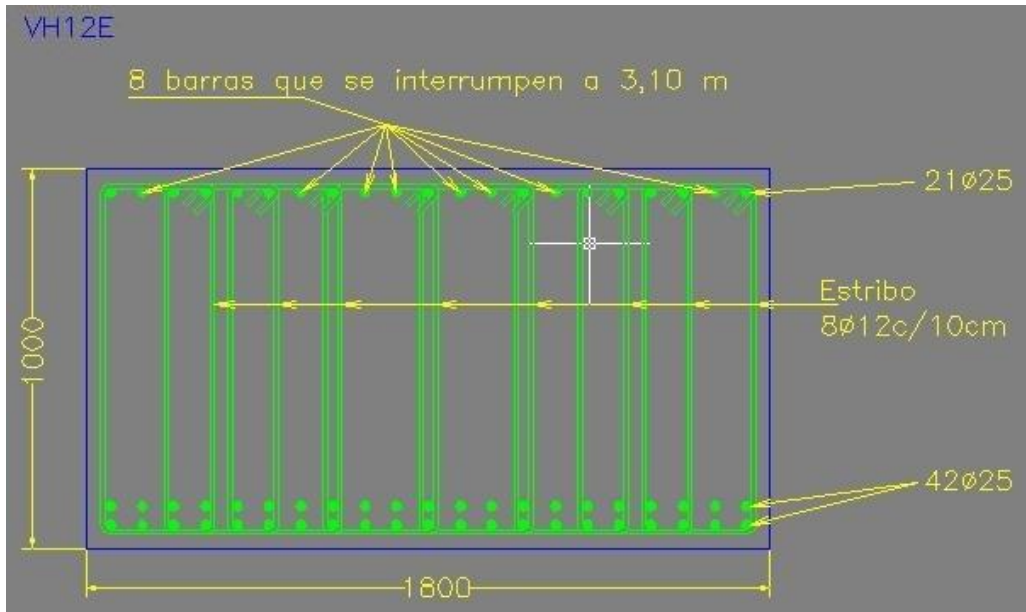


Figura 27: Detalle de armado e interrupción de armadura de la viga VH12E.

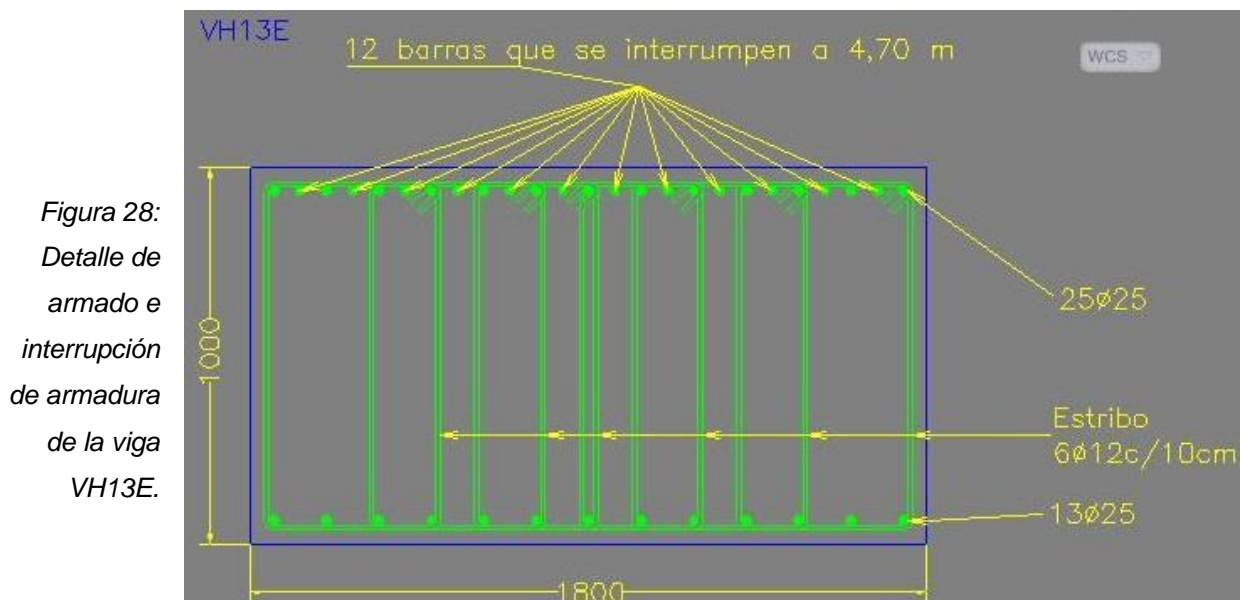


Figura 28: Detalle de armado e interrupción de armadura de la viga VH13E.

Otra particularidad que surgió en este edificio, fueron las denominadas vigas VH6E, que se encuentran en voladizo, sosteniendo el sector extremo lateral de las gradas.

Estas gradas, tienen un ancho mayor al del edificio mismo, por lo que el extremo de ellas queda en el aire en ambos lados. Como las gradas forman un cuerpo muy pesado y generaban una luz de 8,10 metros en la viga que debe soportar su peso, los cálculos daban una altura necesaria de viga de 250 cm. Por lo que se debía cambiar el diseño estructural.

El diseño de arquitectura exigía que este sector de edificio quedase “en el aire” con una altura libre de 3 metros, por lo que no se podía incrementar la altura de la viga de

150 cm (prediseño estructural original) a 250 cm. La viga mencionada se resalta en la figura 29.

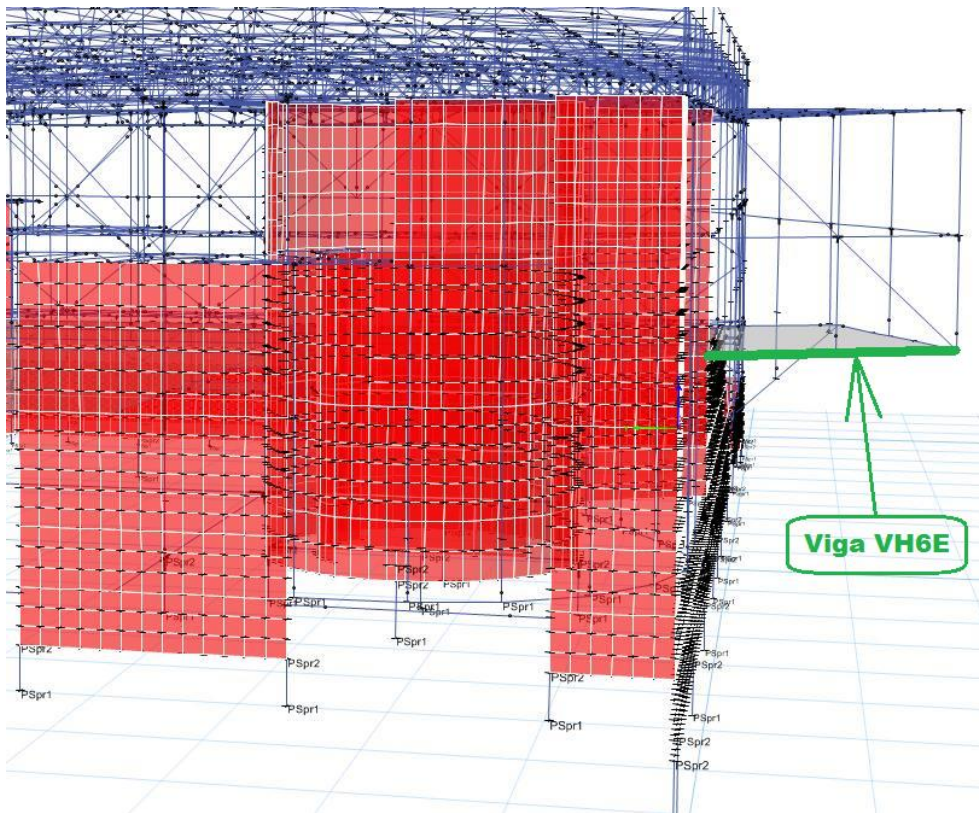


Figura 29: Vista del costado del Auditorio del modelo de Etabs, donde se puede apreciar el sector en voladizo que soporta (en parte) la viga VH6E.

Este problema se solucionó colocando un tensor oculto en el cerramiento del edificio, uniendo el extremo de la viga con la el dintel de la parte que sobresale del edificio, como se muestra en la figura 30.

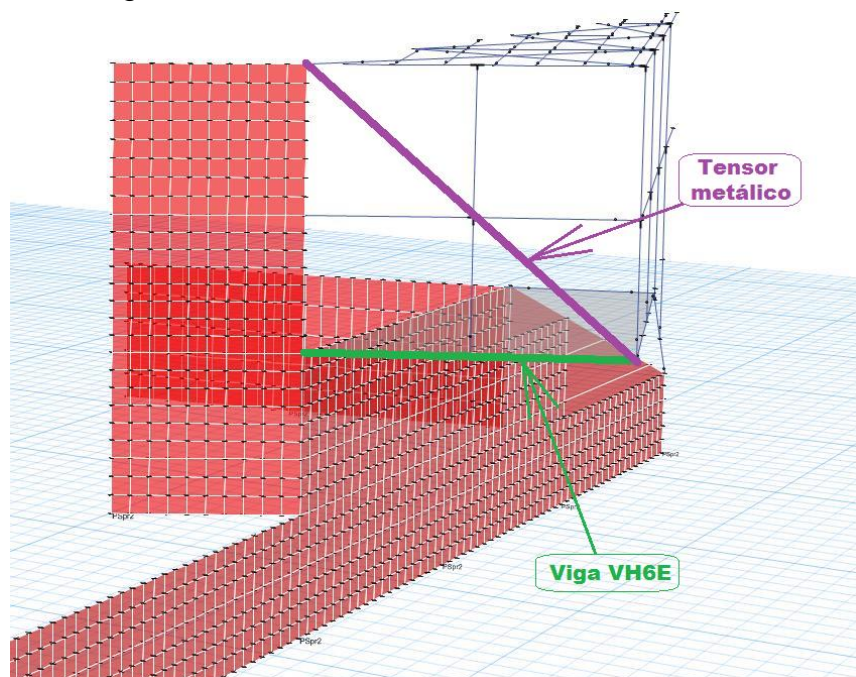


Figura 30: Detalle de la solución adoptada en el diseño estructural para disminuir las solicitaciones en la viga VH6E.

Esto disminuyó las solicitaciones en la viga y se pudo verificar su resistencia de diseño con una altura de 150 cm y una base de 30 cm. La armadura longitudinal quedó compuesta por 5 hierros del 20 tanto en la parte superior como en la inferior, mientras que los estribos quedaron con ϕ del 12 c/20 cm con densificación en la zona cercano al empotramiento.

Para terminar mi trabajo con este edificio, confeccioné las planillas de cálculo correspondientes a cada elemento. Aquí tuve que tener especial cuidado con los elementos metálicos, ya que debido a la gran variabilidad estructural que tiene el auditorio, eran muchos elementos y se debía llevar un control rigurosos para no dejar pasar por alto a ninguno de ellos.

Una vez calculados todos los elementos, procedí a agrupar elementos de sección similar y así disminuir la variedad de perfiles a utilizar en la obra y evitar posibles confusiones durante la construcción.

6) CONCLUSIÓN

Tuve la suerte de haber podido trabajar en un estudio de ingeniería estructural como este, ya que pude poner a prueba gran parte de mis conocimientos adquiridos durante la carrera, principalmente los referidos al cálculo estructural. El estudio del Ingeniero Jorge Cano tiene muy buena reputación en el ámbito, y tuve la posibilidad de ver por qué es así, cómo se debe trabajar con responsabilidad permanente y profesionalismo para buscar siempre la excelencia.

Aprendí mucho de mis colegas y de profesionales de otras ramas de la construcción. Pude ver que, a pesar de trabajar en proyectos grandes y muy demandantes, siempre se puede generar un buen ambiente de trabajo mediante el compañerismo, el trabajo en equipo, el orden y la limpieza.

Pero, profesionalmente, lo que más me dejó esta experiencia es el haber podido apreciar la metodología de trabajo y el orden con que se abordaban los proyectos.

En resumen, estas prácticas profesionales fueron muy satisfactorias para mí, tanto en lo profesional como en lo personal, ya que además de aprender muy buenas herramientas para mi futura vida laboral, también conocí muy buenas personas y compañeros de trabajo.

7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reglamento CIRSOC 101: Cargas y Sobrecargas Gravitatorias para el Cálculo de Estructuras de Edificios – Julio 2005.
- Reglamento CIRSOC 102: Acción del Viento sobre las Construcciones – Julio 2005.
- Reglamento INPRES-CIRSOC 103: Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes – Tomo 1: Construcciones de Hormigón Armado y Hormigón Pretensado – Julio 2013.
- Reglamento CIRSOC 201: Estructuras de Hormigón – Julio 2005.
- Reglamento CIRSOC 301: Estructuras de Acero para Edificios – Julio 2005.
- Cálculo de Elementos de Hormigón Armado – Prof. Ing. Carlos Ricardo Llopiz – Cátedras “Hormigón I” y “Hormigón II”, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.
- Estructuras Metálicas: Proyecto por Estados Límites, 5° Edición – Prof. Ing. Gabriel R. Troglia - 2005.