



PATOLOGÍA PREVENTIVA DE UN EDIFICIO DE ESTRUCTURA METÁLICA

2-2021



Estudiante:

Ing. Julio César Celi Hernández

Docente;

Arq. MsC. Walter Mauricio Barreto

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ D.C.
JUNIO DE 2022**



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. ALCANCE.....	6
4. METODOLOGÍA.....	6
5. PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	7
5.1 RECONOCIMIENTO INICIAL del paciente.....	7
5.2 Permisos y autorizaciones del paciente.....	7
6. antecedentes	7
6.1 FALLAS GEOLOGICAS	7
6.2 caracterización geotecnica del paciente.....	9
7. ANALISIS DE RIESGO DEL PACIENTE	9
7.1 Localización del paciente.....	9
7.2 MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, CLASIFICACIÓN DEL SUELO	10
7.3 ACTIVIDAD Sísmica.....	12
7.4 ESTRUCTURA	12
7.5 ESTRUCTURA y CALIFICACIÓN	13
7.6 ESTUDIO DE VULNERABILIDAD.....	14
7.7 CLASIFICACIÓN sísmica Y COEFICIENTES de Aa y Av.	14
8. CONTROLES EXIGIDOS.....	17
8.1 Control de Planos	17
8.2 Control de Especificaciones	17
8.3 Control de Materiales.....	18
8.4 Inspección y tolerancias de la fabricación	21
8.5 Análisis de la Colada A572.....	25
8.6 Inspección de Soldadura	25
8.7 ENSAYOS DE CALIDAD DE LA SOLDADURA.....	28
8.8 Inspección de Pintura.	30
8.9 CONTROL TOPOGRAFICO.....	32
9. CONCLUSIONES.....	33
10. BIBLIOGRAFIA.....	34



INTRODUCCIÓN

El Día 13 de diciembre de 2018 se expide la licencia de construcción LC 18-4-1230 por la Curaduría Urbana No 4, con fecha de vigencia del 15 de enero de 2021, en donde tendrá como finalidad de obra nueva, incluye la demolición parcial o total de las estructuras existentes; el predio se encuentra ubicado en la localidad de Barrios Unidos en la dirección Cr 29B # 71C-47 de y comprende una estructura de 3 pisos cuyo uso principal estará asociado a la prestación de servicios profesionales. Como representante legal figura el Ing. Juan Pablo Villegas quien a su vez registra como constructor responsable.

El proyecto comprende una cimentación mediante pilas pre excavados construidos in situ, cuya longitud es de 25m, dichos elementos asumirán el 100% de la carga de la estructura y trabajaran por fricción entre el concreto (fuste) y las capas (limos y arcillas) que predominan en el suelo.

El proyecto estructural fue diseñado por el Ing. Camilo Baquero, el sistema estructural está constituido por pórticos en perfiles metálicos cuyas luces se encuentran de 7m de cada sentido, las losas de entrepiso serán livianas mediante el uso láminas de metaldeck y concreto; de otra parte, el grado de desempeño de los elementos no estructurales está clasificado como bueno; entre tanto, la estructura se analizó mediante el programa RBC de ENG Solutions versión 8.4.1 cumpliendo los requisitos de la norma sismo resistente NSR-10.

El Proyecto Calle 72 se seleccionó como paciente debido a la cercanía con la ejecución y principalmente porque se construyó con estructura metálica, objeto principal del desarrollo de la presente asignatura.



OBJETIVO GENERAL

Identificar algunos de los métodos que puedan prevenir futuras lesiones en los pórticos de una estructura metálica del edificio Calle 72, para garantizar la durabilidad de la edificación.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer la importancia de la composición química de los metales, objeto del presente proyecto.
- Indicar la función que ha cumplido el componente metálico y los esfuerzos a los cuales ha estado expuesto.
- Identificar las patologías en metales y especificar los mecanismos de protección.



JUSTIFICACIÓN

La patología de la construcción en general estudia las lesiones, las causas o el origen de estas, los factores de incidencia, la gravedad o impacto y como se presenta el deterioro en los elementos que componen una edificación; aunque por otro lado, también se refiere a la prevención y los métodos para reducir en lo posible, cualquier tipo de lesión que pueda afectar la durabilidad de una estructura.

En este caso, se decidió basar este trabajo bajo la hipótesis de que, más del 70% de las patologías son ocasionadas por malas prácticas en las primeas etapas de desarrollo de un proyecto de construcción, según así lo establece el libro “Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos”, donde dice que: “diversos estudios realizados en diferentes países incluido España, que, aunque referente a procesos patológicos que afectan a unidades estructurales, podemos resumir en los siguientes porcentajes de causas indirectas como generadoras de dichos procesos:

Proyecto.....	40%
Ejecución.....	35%
Material.....	15%
Mantenimiento.....	10%

(sic...)” (Juan Monjo Carrio, 1994, pág. 38)



ALCANCE

Para realizar este trabajo fue necesario verificar mediante una inspección visual in situ el sistema estructural de la edificación, los elementos que lo componen y como se encuentran ensamblados entre sí, de otra parte, fue necesario realizar una revisión de los procesos de fabricación antes de ser instalados los conjuntos metálicos.

METODOLOGÍA

La metodología empelada en el presente informe se realizó de siguiente forma:

- Selección del paciente a evaluar.
- Inspección visual del sistema estructural del paciente.
- Verificación de las actividades en fabricación y armado de los conjuntos metálicos.
- Elaboración de pruebas en los procesos de fabricación y ensamble.



PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

5.1 RECONOCIMIENTO INICIAL DEL PACIENTE

Se realizan visitas in-situ para seleccionar el paciente, se verifica el tipo de sistema constructivo y la forma en que fue construido el inmueble, así:

- Actividad de recolección de la información de campo
- Se elabora un registro detallado de todas las actividades que se ejecutan durante el proceso constructivo, así mismo se realiza un levantamiento de la información durante el proceso de fabricación en planta, en donde se realiza la trazabilidad desde la importación del acero laminado en caliente, se verifican las especificaciones técnicas incluyendo la tornillería, platinas, láminas y perfilería, se realiza un cotejo desde la composición química de los elementos, hasta una revisión de las tolerancias de fabricación para efectuar un control de calidad.

5.2 PERMISOS Y AUTORIZACIONES DEL PACIENTE

Se realizó un acercamiento con la gerencia de la constructora OKAP S.A y la dirección de la obra, para realizar la recolección de la información, la cual fue autorizada durante el mes de abril de 2022.

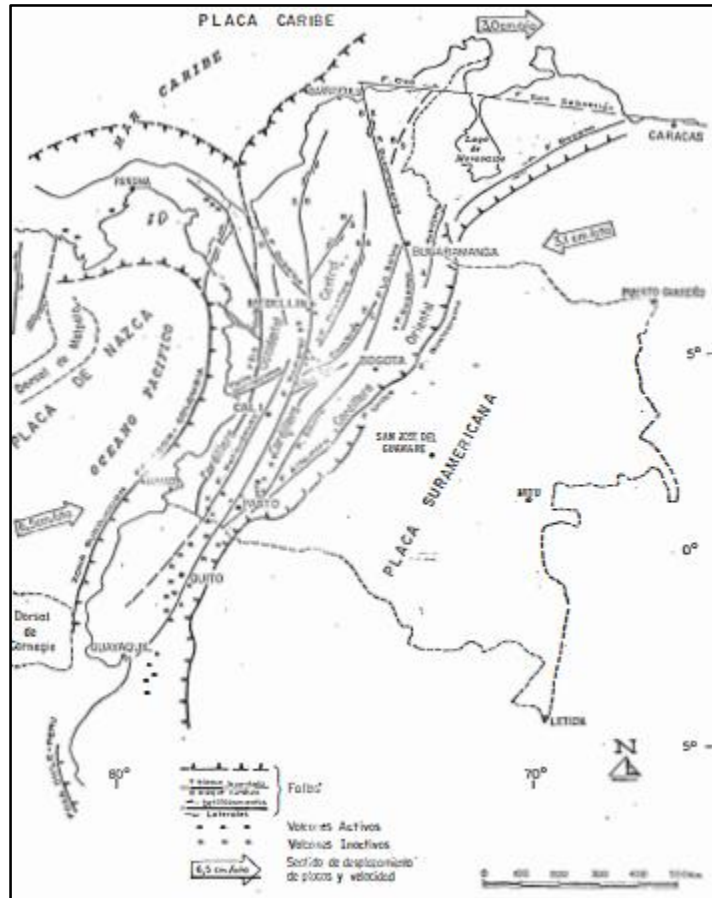
6. ANTECEDENTES

6.1 FALLAS GEOLOGICAS

Colombia pertenece a una de las zonas con elevada actividad sísmica de globo terráqueo, su localización geográfica beneficia dicho fenómeno, pues gran parte de la extensa región confluyen las placas tectónicas de Nazca, Caribe y Suramericana; estas permanecen en movimiento constante, generando la formación cordilleras con el paso del tiempo, así mismo, generan fracturas en la corteza terrestre sobre los bloques rocosos.



Imagen 1: Fallas Geológicas



Fuente: Geología de Colombia, Lobo-Guerrero A, (1987)

Quizás uno de los fenómenos que con mayor frecuencia se presentan es el de subducción, el cual se produce por el choque de dos placas tectónicas, las cuales presentan movimientos contrarios entre sí, allí la que posee mayor densidad se hunde por debajo de la menos tiene densidad, generando así el fenómeno de subducción; aquella que se subduce ingresa al interior del manto a elevadas temperaturas, fusionándose y seguidamente emerge como magma a la corteza terrestre a través de la actividad volcánica.

Este fenómeno se observa en el país en la zona del pacifico, en donde la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa Suramericana, generando una de las zonas con mayor concentración de actividades sísmicas, así mismo, la falla geológica conocida como el “Nido sísmico de Bucaramanga” en el departamento de Santander posee una actividad constante en el epicentro conocido como La Mesa de Los Santos.



Por otro lado, la ciudad de Bogotá tiene una actividad sísmica muy variable, la cual depende estrechamente de la actividad de las fallas geológicas alrededor de todo el territorio nacional, cuya magnitud obedece en gran medida a los movimientos generados en los bloques rocosos que son separados de la corteza terrestre, de otra parte, la variación en el comportamiento sísmico puede cambiar pues se encuentra estrechamente vinculado con el tipo de suelo que conforma su estructura subyacente; como medida de mitigación, la ciudad cuenta los estudios necesarios, los cuales están direccionados hacia el espectro de respuesta dinámica mediante una división sectorizada.

Mediante el Decreto 523 de 2010 se disponen los requisitos mínimos para realizar el análisis y los diseños de los proyectos de construcción de edificaciones, con el objeto de dar pleno cumplimiento con el Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

6.2 CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DEL PACIENTE

Conforme como lo señala el estudio geotécnico, el perfil del suelo pertenece a la Formación de la Sabana, el cual corresponde al periodo del Pleistoceno Cuaternario Reciente Lacustre y Paludal, en donde se trata de depósitos aluviales lacustres, cuyo resultado está asociado a la acumulación de sedimentos en el fondo de formaciones de lagos, en el que también pueden ser transportados por quebradas o ríos en partículas granulares y hasta de material orgánico, los cuales con el paso del tiempo se van depositando.

Dicho estudio fue elaborado por la firma SRC Ingenieros Civiles mediante oficio SRC 3913 de abril de 2018.

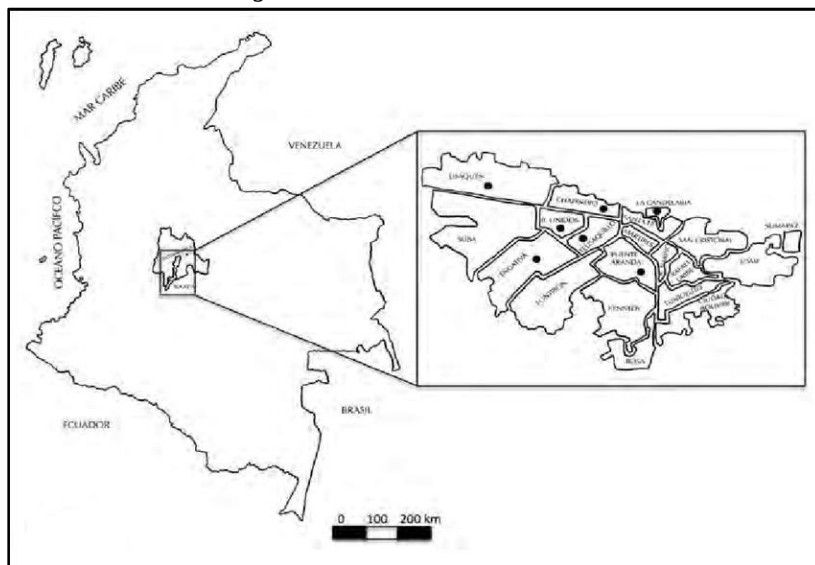
7. ANALISIS DE RIESGO DEL PACIENTE

7.1 LOCALIZACIÓN DEL PACIENTE

El paciente objeto de estudio se ubica en la localidad de Barrios Unidos en la dirección Cr 29 B # 71C-17, del barrio La Merced Norte en la UPZ 98 Los Alcázares.

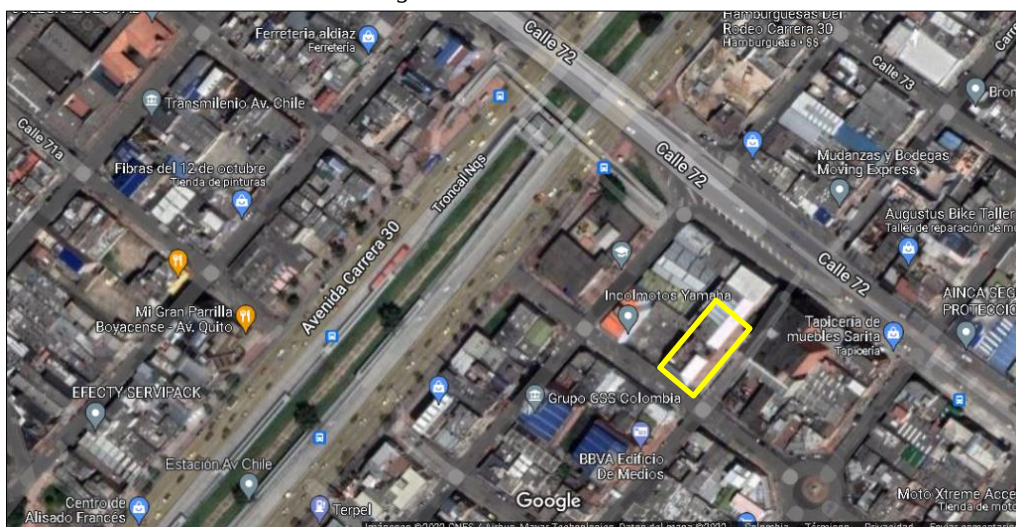


Imagen 2: Ubicación del Paciente



Fuente: (https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Ubicacion-del-area-de-estudio-Colombia-Bogota-DC-y-localidades-muestreadas_fig1_266386739)

Imagen 3: Ubicación del Paciente



Fuente: <https://www.google.es/maps>

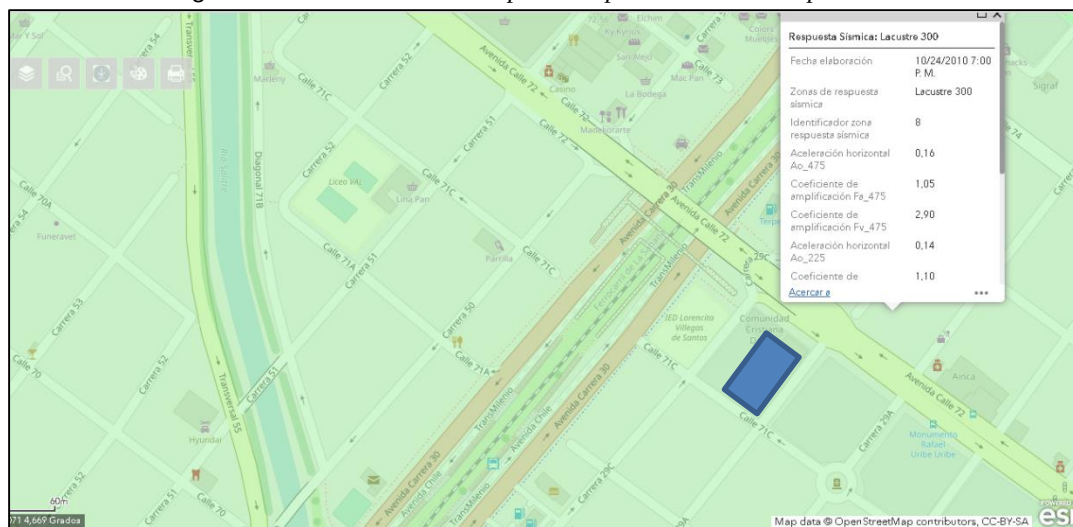
7.2 MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Conforme se establece en el Decreto 523 de 2010, en el que la ciudad de Bogotá es zonificada de acuerdo con la respuesta sísmica, y que podrá ser consultada a través de la página www.sire.gov.co por medio del geoportal; allí se puede verificar el mapa de respuesta sísmica, donde podrá confirmarse las características del predio, cuyo factor de



análisis en este caso, se encuentra en la Zona Lacustre 300, el cual se muestra en la siguiente imagen 4:

Imagen 4: Localización en el mapa de respuesta sísmica del paciente



Fuente: Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo Cambio Climático Idiger, (www.sire.gov.co)

Imagen 5: Zona de Respuesta Sísmica: (Lacustre 300)

Fecha elaboración	10/24/2010
Zonas de respuesta sísmica	Lacustre 300
Identificador zona respuesta sísmica	8
Aceleración horizontal Ao_475	0,16
Coefficiente de amplificación Fa_475	1,05
Coefficiente de amplificación Fv_475	2,90
Aceleración horizontal Ao_225	0,14
Coefficiente de amplificación Fa_225	1,10
Coefficiente de amplificación Fv_225	3,40
Aceleración horizontal Ao_31	0,08
Coefficiente de amplificación Fa_31	1,25
Coefficiente de amplificación Fv_31	4,00
Período largo	5,00
Entidad responsable	IDIGER

Fuente: Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático Idiger, (www.sire.gov.co)

De acuerdo con la distribución en el mapa por fenómenos de remoción en masa del Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático (Idiger), el paciente no pertenece a ninguna área de amenaza - riesgo por eventos de remoción en masa, según los establece



la Resolución No 1483 del 24/07/2019, de otra parte, de acuerdo a la Resolución No 1641 del 03/12/20, tampoco hace parte de alguna zona de amenaza por inundación y tampoco hace parte de los predios de los suelos de protección por riesgo no mitigable, de acuerdo con los comunicados técnicos generados por la entidad.

7.3 ACTIVIDAD SÍSMICA

Bogotá se localiza en una de las zonas de amenaza sísmica intermedia, tal como se puede evidenciar en el título A.2 del Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10, cuyos valores asociados a los coeficientes A_a que corresponde a la aceleración horizontal pico efectiva, y el coeficiente A_v que representa la velocidad horizontal pico efectiva del sismo para el diseño, se observa de la siguiente manera:

Categoría amenaza sísmica: Zona Intermedia

Coeficientes A_a que representa la aceleración horizontal pico efectiva = 0.15

Retorno del Periodo = cada 475 años.

Imagen 6: Coeficientes A_a y A_v

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente Título A NSR-10 (www.asosimica.org.co)

7.4 ESTRUCTURA

El paciente fue diseñado por el Ing. Camilo Baquero, en el que el diseño estructural está compuesto por un sistema de pórticos en perfiles metálicos cuyas luces se encuentran de 7m de cada sentido, las losas de entrepiso serán livianas mediante el uso láminas de metaldeck y concreto; por otro lado el diseño de elementos no estructurales tendrá un desempeño bueno;



por otro lado, la estructura se analizó mediante el programa *RBC de ENG Solutions versión 8.4.1* cumpliendo los requisitos establecidos en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

La cimentación se diseñó de conformidad con las cargas resultantes que se transmitían de la estructura hacia las columnas y estas a su vez a los cimientos mediante el modelamiento tridimensional empleando el software *RBC*, obteniendo como resultado un sistema de pilas vinculados por medio de dados y vigas de cimentación, los cuales han sido diseñados de acuerdo a requisitos establecidos en el Estudio de Geotécnico, en el que adicionalmente se indican las recomendaciones de cimentación y del sistema constructivo, cuyo análisis fue realizado en la organización *SRC Ingenieros Civiles Asociados*.

Imagen 7: Distribución Arquitectónica en Planta



Fuente: Proyecto Calle 72

7.5 ESTRUCTURA Y CALIFICACIÓN

- (A.10.2.2.1 – NSR-10) Diseño y construcción.....Buena
- (A.10.2.2.2 – NSR-10) Estado de la estructuraBuena
- Calidad de la estructura.....Buena



7.6 ESTUDIO DE VULNERABILIDAD

El paciente ha sido diseñado y se ha construido conforme lo establecen los requisitos exigidos indicados en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 incluyendo normas y decretos complementarios. Es de resaltar que este proyecto lleva un par de años apenas de construirse, por lo tanto, es un poco anticipado establecer algún tipo de grado asociado a vulnerabilidad.

La estructura de la cimentación está constituida por pilas construidas y fundidas en sitio, dichos elementos presentan una longitud de 25m y transmitirán el cien por ciento de la carga de toda la estructura hacia los suelos de fundación, los pilotes se encuentran vinculados por medio de dados y estos a su vez por vigas de amarre. Las losas de entrepiso son livianas de tipo aligerada por medio de láminas metálicas de tipo Steel Deck hasta por cinco pisos incluyendo la terraza, por otro lado, los elementos no estructurales se construyeron empleando unidades de ladrillo de perforación vertical y están vinculados a la estructura por un sistema de anclajes de acuerdo con los detalles y especificaciones indicadas en los planos.

7.7 CLASIFICACIÓN SÍSMICA Y COEFICIENTES DE AA Y AV.

De conformidad en lo dispuesto en el título A.2.2.1, el cual señala lo que los modos de vibración de la estructura en relación a la aceleración pico efectiva, mostrada por el coeficiente A_a , así como la velocidad pico efectiva asociada por el coeficiente A_v , para una eventualidad de exceder el diez por ciento en un periodo de cincuenta años. Dichos resultados asociados a los coeficientes, para tales fines del código colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, deberán ser el resultado a partir de los requisitos indicados en A.2.2.2 y A.2.2.3”¹.

Es necesario encontrar los coeficientes A_a y A_v , para poder verificar la correspondencia entre el número de la región y el valor de A_a y A_v en el que se encuentra ubicado el proyecto. Para este caso, el paciente se localiza en Bogotá y le corresponde la región 3; en

¹ Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A NSR-10 P.14



las ilustraciones 8 y 9 se observan dichos valores.

La ciudad de Bogotá se encuentra localizada en la región 3 y le corresponde el coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva $A_a = 0.15$

Imagen 8: Mapa de valores de A_a

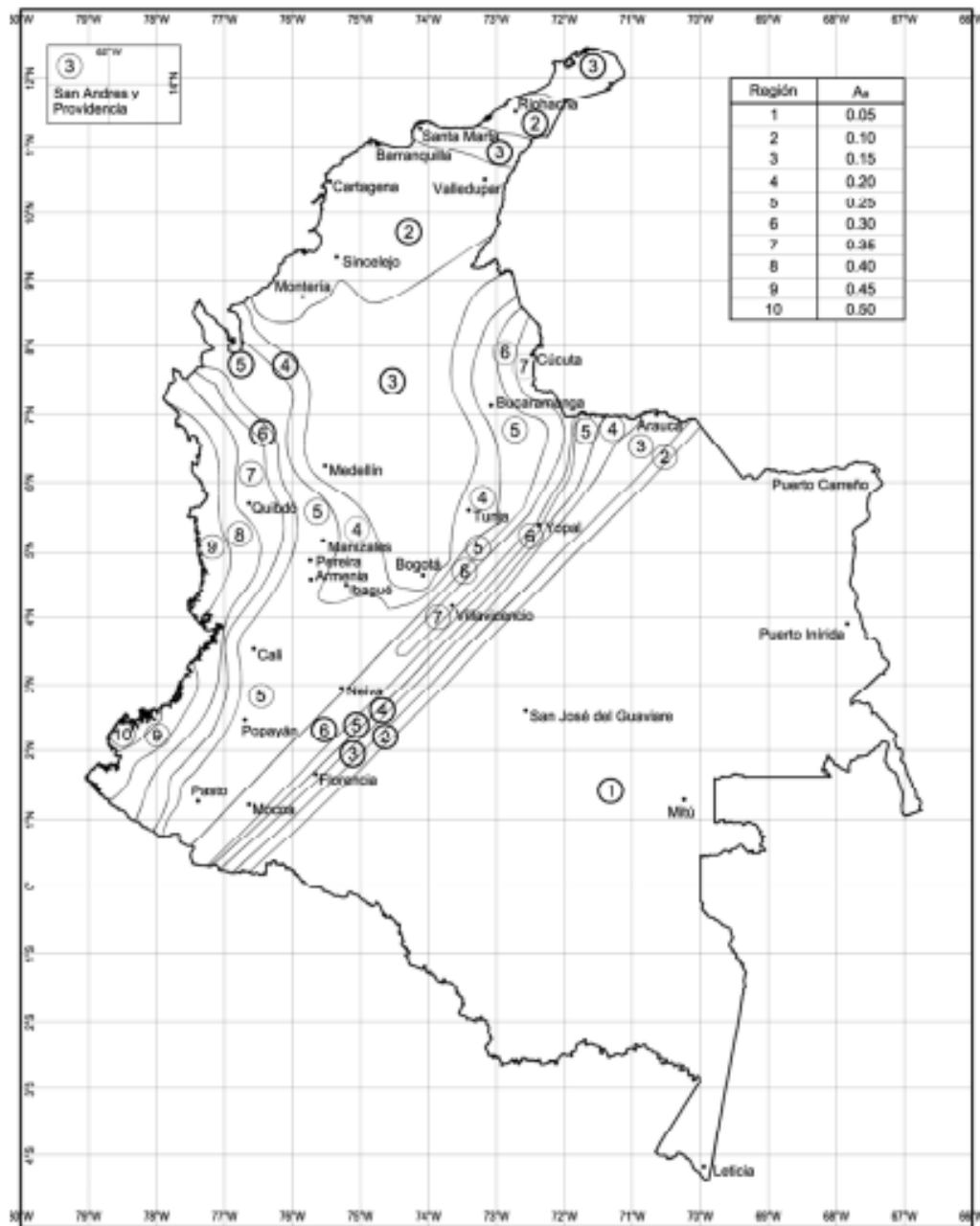


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de A_a

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A (www.asosimica.org.co)



La ciudad de Bogotá se encuentra localizada en la región 4 y le corresponde el coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva $A_v = 0.20$.

Imagen 9: Mapa de valores de A_v

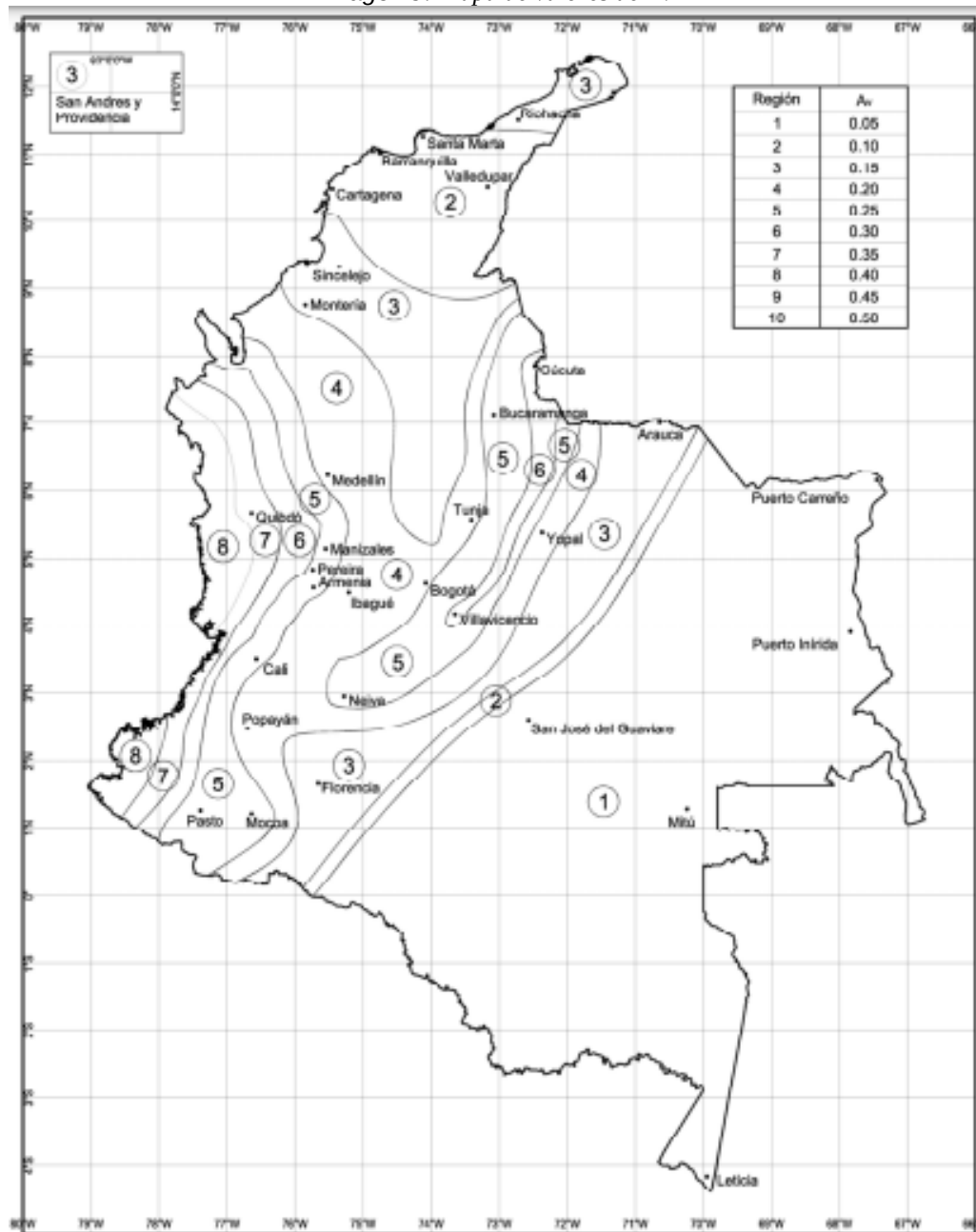


Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de A_v

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente Título A NSR-10 (www.asosimica.org.co)

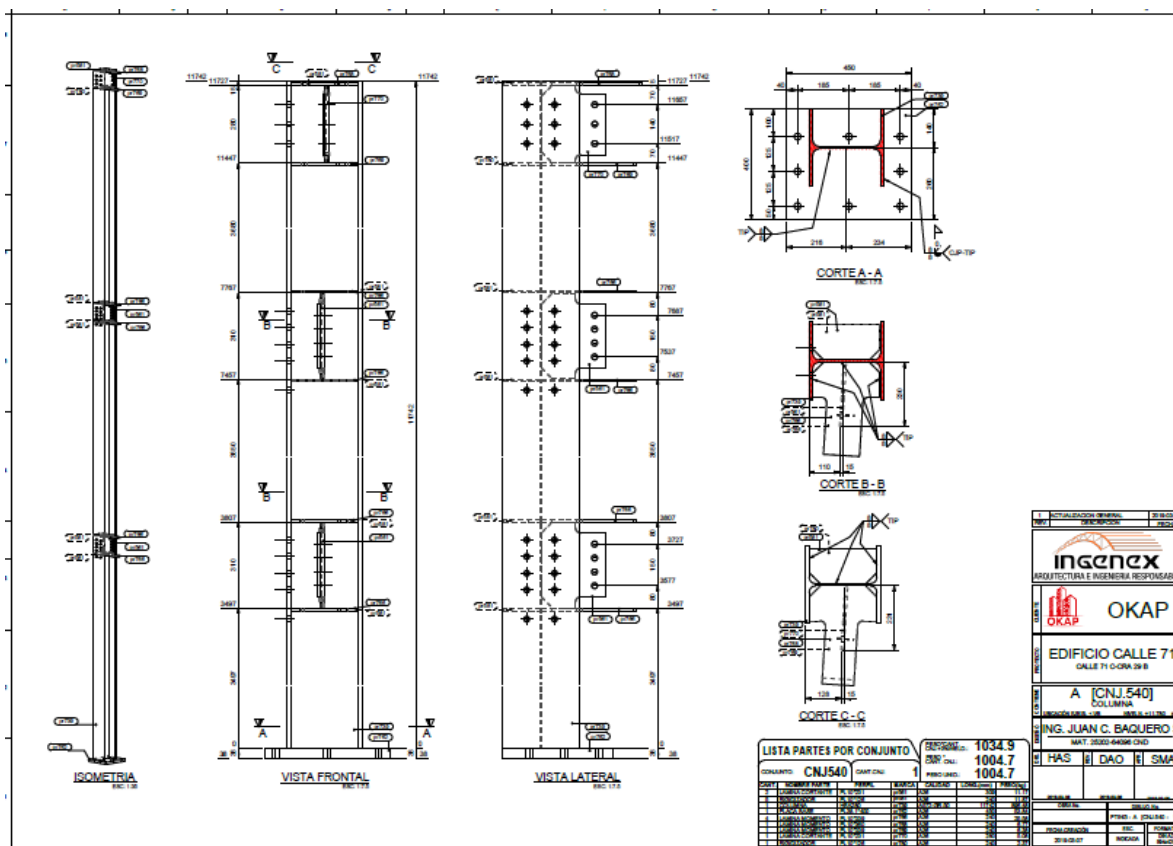


8. CONTROLES EXIGIDOS

8.1 CONTROL DE PLANOS

Se realiza una revisión de los planos de taller antes de verificar los procesos de fabricación, de tal manera que se puedan revisar cotas, dimensiones, geometría de cada elemento que hará parte de los conjuntos de la estructura metálica, especificación de la soldadura a emplear y detalle de las juntas a conectar.

Imagen 9: Plano detalle del conjunto CNJ540 columna EJE 1/B



Fuente: OKAP S.A.

8.2 CONTROL DE ESPECIFICACIONES

Se verifican las características físicas y mecánicas del refuerzo incluyendo los perfiles laminados en caliente, empleados para la fabricación de los conjuntos de la estructura



metálica, de acuerdo con las especificaciones indicadas tanto en los planos de fabricación de taller, como en los planos generales y diseños complementarios.

8.3 CONTROL DE MATERIALES

Imagen 10: Control de Materiales para Estructura Metálica

Tabla I.2.4-1
Requisitos de control de materiales

Material o elemento estructural	Tema	Referencia
Estructuras metálicas	Especificaciones, códigos y estándares de referencia	F.2.1.4
	Acero estructural	F.2.1.5, F.3.5, F.4.1.1, F.4.7.2 y F.4.8.2
	Fundición y piezas forjadas de acero	F.2.1.5.2, F.4.8.3
	Pernos, arandelas y tuercas	F.2.1.5.3
	Pernos de anclaje y barras roscadas	F.2.1.5.4, F.2.10.3
	Metal de aporte y fundente para soldadura	F.2.1.5.5, F.2.10.2
	Conectores de cortante tipo espigo	F.2.1.5.6
	Concreto-secciones compuestas	F.2.9.1.1, F.3.1.4.5 y F.4.7.5.3
	Incendio- Resistencia de los materiales a altas temperaturas	F.2.18.2.3
	Estructuras existentes – Propiedades del material	F.2.19.2
	Acero del sistema de resistencia sísmica	F.3.1.4
	Consumibles de soldadura	F.2.10.2 y F.3.1.4.4
	Acero en miembros formados en frío	F.4.1.2, F.4.7.2
	Aluminio	F.5

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente Título I NSR-10 (www.asosimica.org.co)

De conformidad con lo dispuesto en el título I.2.4.3 de la (NSR-10), se debe realizar un control de las especificaciones de los materiales empleados en la fabricación de los conjuntos metálicos.

De acuerdo con los certificados de calidad del material importado (ver imagen 1) se observa que los perfiles laminados en caliente IPE, HEA, cumplen con los requisitos de composición química indicados por la norma ASTM 572 grado G50/A992/CSA G4021-13 50WM (345WM) (Ver Tabla 2) según certificados de calidad, estos fueron fabricados por HYUNDAI, Siderúrgica Balboa, Arcelor Mittal con procedencia de Korea y España respectivamente. Por otro lado, la tornillería ASTM A194 grado 2H 1-1/2”, barras roscadas o espárragos ASTM A193 grado B7 (ver imagen 3), platinas y viguetería entrepisos A36

según relación AISC 2010 cuya procedencia corresponde a la ciudad de Liaoning Province
P.R. CHINA.

De conformidad con el título F.2.1.5.1 “los informes certificados expedidos por la acería, o los reportes de ensayos realizados por el fabricante o por un laboratorio reconocido, constituirán evidencia suficiente de la calidad del material”.

Imagen 11: Certificado de composición química de los perfiles laminados en caliente.

[illegible]

Fuente: OKAP S.A.



Imagen 12. Certificado de calidad de los pernos.

NINGBO TONSOM IMPORT & EXPORT CO., LTD.
QUALITY CERTIFICATE

Tel: 0086-13777022789 Fax: 0086-574-87838429 Email: LORA@LEFASTENER.COM

Customer: TORNILLOS Y PARTES PLAZA S.A. Invoice No: 18TYP0807
Product: HEAVY HEX BOLTS SC NO: 17TYP030
Class: A325 CODE: 7846
Size: 1/2-13X2 IMPO: 112E-17
Marking: F A325 DATE: AUG.07, 2018
Quantity: 43.860MPCS

Dimensions Of SPEC:

Inspection Items	Standard	Result	Sample	Pass
Visual Appearance	-----	OK	20	20
Body Diameter	0.482-0.513	/	20	20
Thread	Go	/	OK	20
	No Go	/	OK	20
Width Across Flats	0.875-0.890	0.856-0.860	20	20
Width Across Corners	1.010-0.969	0.983-0.986	20	20
Major Diameter	0.488-0.498	0.493-0.496	20	20
Head Height	0.323-0.302	0.313-0.314	20	20
Total Length	2.000-1.810	1.978-1.980	20	20
Thread Length	min 1.000	1.025-1.036	20	20

Mechanical Properties

Characteristics	Standard	Result		
Core Hardness [HRC]	23-34	30-32	10	10
Wedge Strength [PSI]	min 119880	132796-137386	8	8
Yield Strength [psi]	min 92159	99416-103511	8	8
Elongation [%]	min 14	15.2-16.6	8	8
Reduction Of area [%]	min 35	38.8-43.3	8	8
Proof Load [lb]	17050	17050	8	8

CHEMICAL COMPOSITION(%)

Heat No	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	B
62000398A	0.37	0.17	0.66	0.019	0.012					

Surface Coating: HDG

The information on chemical composition is based on the test
certificate received from the steel mill or supplier material
described in this document has been inspected under the parameters
set forth and found to be in conformance with the physical requirement
we certify the above product meets specified requirement of

Quality Control Supervisor 严大炮 Quality Control Manager 康高生

宁波堂胜进出口有限公司
NINGBO TONSOM IMPORT & EXPORT CO., LTD.

Fuente: OKAP S.A.



A continuación se muestran algunas tablas con los requisitos mínimos de calidad según designación ASTM.

8.4 INSPECCIÓN Y TOLERANCIAS DE LA FABRICACIÓN

Se verifican dimensiones de los siguientes elementos: Platinas 500x500, IPE 500, IPE 300; así mismo se revisan que las perforaciones de las platinas se encuentren dentro de las tolerancias indicadas tanto de dimensiones como de separaciones entre sí establecidos en las tablas F.2.10.3-3 y -3M y de localización al borde, según la tabla F.2.10.3-4 de la NSR-10 (Ver imagen 11).

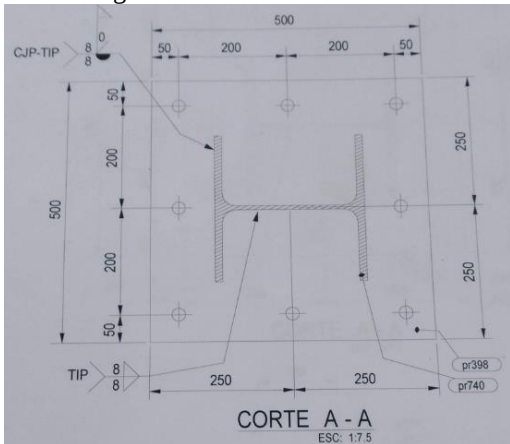
Platinas 500x500			
Imagen 13: Placa Base 		Imagen 14: Detalle Plano de Taller 	
			
Imagen 15: Perforación Placa Base	Imagen 16: Espesor Placa Base	Imagen 17: Separación perforación Placa Base	
Fuente: Julio Celi			



Imagen 18: Tolerancia de perforaciones al borde.

Tabla F.2.10.3-4

Distancia Mínima al Borde^(a), del centro de una perforación estándar^(b) al borde de la parte conectada
Pernos con diámetro en pulgadas

Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm
12.7 (1/2")	19.1
15.9 (5/8")	22.2
19.1 (3/4")	25.4
22.2 (7/8")	28.6
25.4 (1")	31.8
28.6 (1 1/8")	38.1
31.8 (1 1/4")	41.3
mayor que 31.8 (1 1/4")	1.25 x d

- a) Se permiten distancias al borde menores que las dadas en esta tabla si se satisfacen las provisiones aplicables de los numerales F.2.10.3.10 y F.2.10.4, sin embargo no se permiten distancias menores que (1) diámetro del perno sin aprobación del diseñador estructural.
- b) Para perforaciones agrandadas o de ranura, véase la tabla F.2.10.3-5.

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente Título F NSR-10 (www.asosimica.org.co)

Se verifican dimensiones, localización de perforaciones y composición del material, las cuales se encuentran dentro de los parámetros indicados los planos de taller, así mismo cumple con los requisitos de composición química indicados en la tabla 3 (Ver Anexo A).

Imagen 19: Tolerancia de las dimensiones de las perforaciones.

Tabla F.2.10.3-3 Dimensiones Nominales de las Perforaciones Pernos con diámetro en pulgadas				
Diámetro del Perno mm (pulg.)	Dimensiones de las Perforaciones			
	Perforación estándar mm	Perforación agrandada mm	Ranura corta (Ancho x largo) mm	Ranura Larga (Ancho x largo) mm
12.7 (1/2")	14.3	15.9	14.3 x 17.5	14.3 x 31.8
15.9 (5/8")	17.5	20.6	17.5 x 22.2	17.5 x 39.7
19.1 (3/4")	20.6	23.8	20.6 x 25.4	20.6 x 47.6
22.2 (7/8")	23.8	27.0	23.8 x 28.6	23.8 x 55.6
25.4 (1")	27.0	31.8	27.0 x 33.3	27.0 x 63.5
≥ 28.6 (≥ 1 1/8")	d + 3.2	d + 7.9	(d + 3.2) x (d + 9.5)	(d + 3.2) x (2.5 x d)

Tabla F.2.10.3-3M Dimensiones Nominales de las Perforaciones Pernos con diámetro en mm				
Diámetro del Perno mm	Dimensiones de las Perforaciones			
	Perforación estándar mm	Perforación agrandada mm	Ranura corta (Ancho x largo) mm	Ranura Larga (Ancho x largo) mm
16	18	20	18 x 22	18 x 40
20	22	24	22 x 26	22 x 50
22	24	28	24 x 30	24 x 55
24	27	30	27 x 32	27 x 60
27	30	35	30 x 37	30 x 67
30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ 36	d + 3	d + 8	(d + 3) x (d + 10)	(d + 3) x 2.5d

Fuente: Reglamento de Construcción Sismo Resistente Título F NSR-10 (www.asosimica.org.co)



Perfil IPE 300



Imagen 20: Altura Perfil IPE

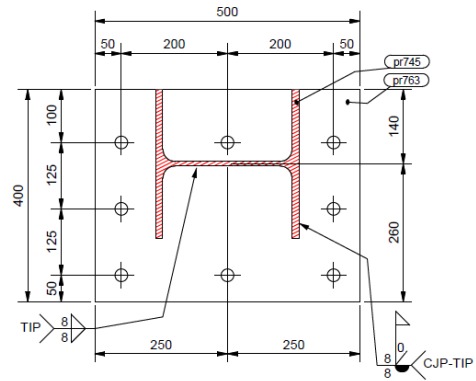


Imagen 21: Detalle Plano de Taller



Imagen 22: Espesor aleta del perfil IPE



Imagen 23: Ancho de la aleta del perfil IPE



Imagen 24: Espesor aleta del perfil IPE

Fuente: Julio Celi



Imagen 25: Tolerancias para el alineamiento de una columna

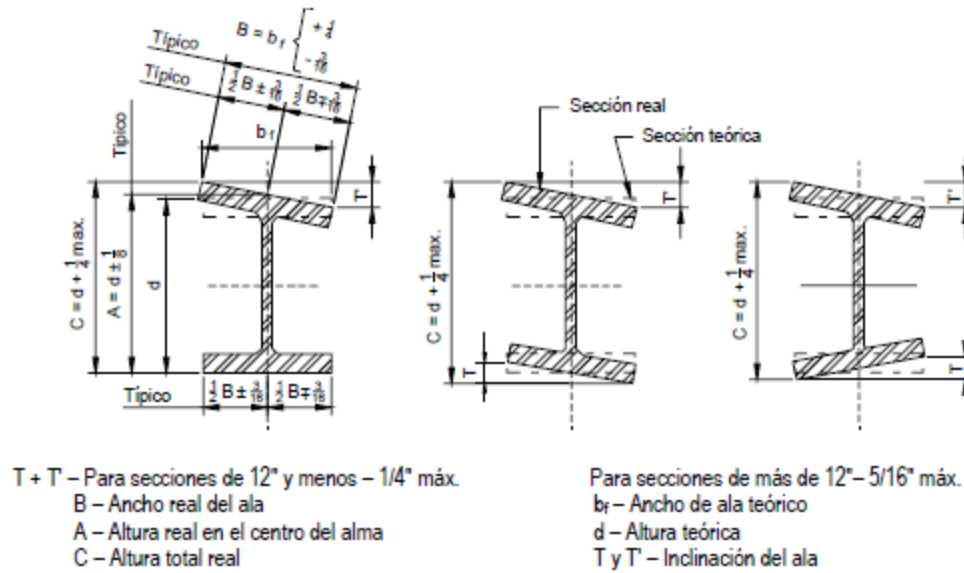
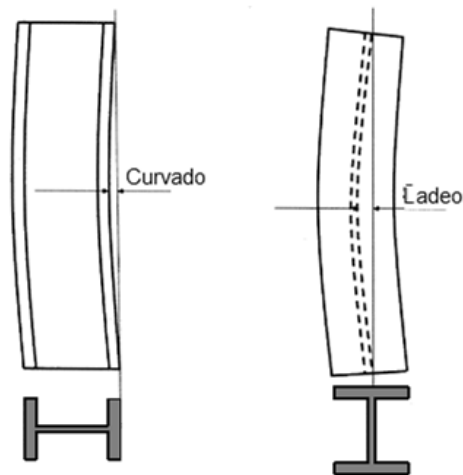


Figura 1. Tolerancias de producción en la planta metalúrgica para las dimensiones de una sección transversal

Fuente: Código de Prácticas normalizadas para edificios Puentes de Acero.

Imagen 26: Tolerancias respecto del eje longitudinal



Desviaciones con respecto al eje longitudinal.			
Tamaño del Miembro	Longitud (m)	Desviación de la rectitud permitida	
		curvado	Ladeo
Ancho de aleta mayor o igual a 150 mm	Cualquiera	$\frac{3.2 \text{ mm} \times \text{longitud total (m)}}{3.0}$	
Ancho de aleta menor de 150 mm	Cualquiera	$\frac{3.2 \text{ mm} \times \text{longitud total (m)}}{3.0}$	$\frac{3.2 \text{ mm} \times \text{longitud total (m)}}{1.5}$
Algunas secciones con un ancho de aleta aprox igual al peralte, y especificadas como columnas ^A	≤ 14.0	$\frac{3.2 \text{ mm} \times \text{longitud total (m)}}{3.0}$ Max=9.5mm	
	> 14.0	$10\text{mm} + \frac{3.2 \text{ mm} \times (\text{longitud total (m)} - 14.0)}{3.0}$	

Fuente: Código de Prácticas normalizadas para edificios Puentes de Acero.



8.5 ANÁLISIS DE LA COLADA A572

De acuerdo con el anexo A, los valores de porcentajes en cuanto a composición química del acero, estos indican que se encuentran por debajo de los límites indicados en la Imagen 20.

Imagen 27: Tolerancias Composición Química Perfiles Laminados en Caliente.

Perfiles	%		
	Grado 42	Grado 50	Grado 55
Carbono	0.21 máx	0.23 máx	0.25 máx
Manganeso	1.35 máx ^E	1.35 máx ^E	1.35 máx ^E
Fósforo	0.04 máx	0.04 máx	0.04 máx
Azufre	0.05 máx	0.05 máx	0.05 máx
Sílice	0.40 máx ^J	0.40 máx ^J	0.40 máx ^J
Cobre	0.20 mín, cuando se especifica acero-cobre		

Fuente: Manual de Inspección de Estructuras Metálicas, Gabriel Valencia Clement, 2013, pág. 16.

8.6 INSPECCIÓN DE SOLDADURA

Las especificaciones asociadas al material de base y el material fundente cumplen con las características indicadas en el código AWS A5.1/A5.1M-2004 (American Welding Society), así mismo con las características correspondientes a los electrodos empleados en la fabricación de soldadura para arco con electrodo revestido².

Soldadura Perfil IPE 300



Imagen 28: Junta de Columna



Imagen 29: Revisión equipo de Soldadura



Imagen 30: Horno para precalentado de electrodos

² Norma AWS 2002



Imagen 31: Preparación de la junta,
Biselado del perfil

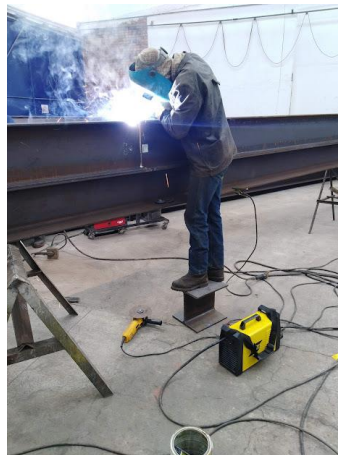


Imagen 32:Soldadura de taller.



Imagen 33: Chequeo del cordón de soldadura.

Fuente: Julio Celi

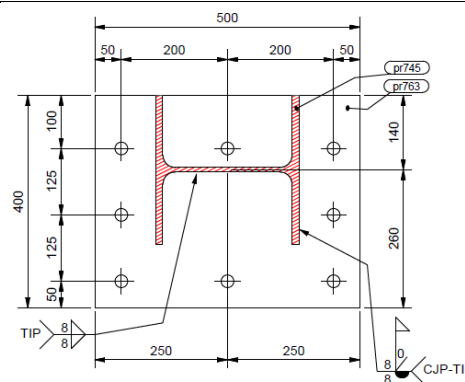
Se verifica la junta del perfil IPE, la cual se observa a tope, en forma de bisel o chaflán en doble V, para soldar en ambas caras, con penetración de junta total.

El proceso de soldar mediante arco eléctrico y electrodo (7018) manual revestido, inicia con la preparación de la superficie, la cual es pulida en un ángulo de 45° en ambas caras, posteriormente se precalientan los electrodos, luego, empleando equipo inversor a 140 Amp se obtiene un arco fundente y se realiza un cordón continuo tipo filete, hasta obtener el ensamble entre las dos piezas del elemento. Al final, la cara de la soldadura queda de 13mm. Se recomienda mejorar la soldadura en las esquinas entre el alma y la aleta del perfil.

Soldadura Platina-Columna



Imagen 34: Chequeo del cordón de soldadura.



CORTE A - A
ESC: 1:7.5

Imagen 35: Detalle de Platina.



Imagen 36: Chequeo del cordón de soldadura.



Imagen 37: Chequeo del cordón de soldadura.



Imagen 38: Chequeo del cordón de soldadura.

Fuente: Julio Celi

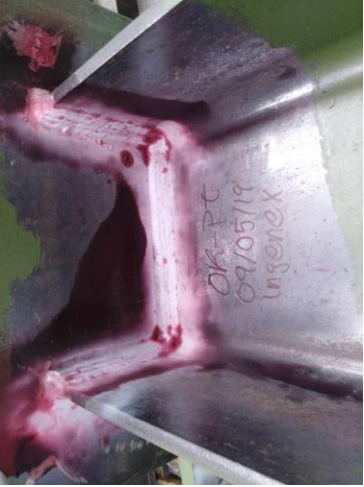
Se observa en el alma del perfil una soldadura tipo filete en ambas caras, de 8mm de cara, con penetración total.

En las aletas aparece una soldadura convexa en la cara interna y filete externa, ambas de 8mm de cara, de penetración total. Se observan algunos resaltes, los cordones son continuos, no se observan traslapos, ni poros, ni socavaciones aparentes.

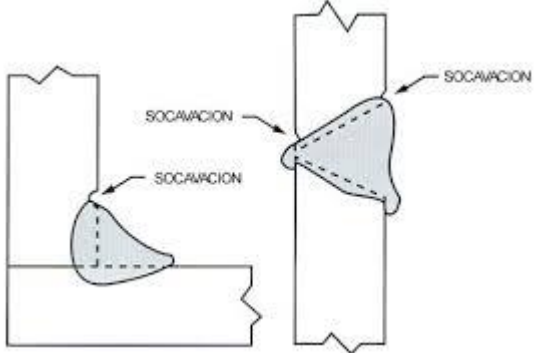


8.7 ENSAYOS DE CALIDAD DE LA SOLDADURA

Para poder determinar la calidad de la soldadura, es necesario realizar unas pruebas no destructivas, que consisten en la aplicación de unos líquidos penetrantes, para que estos puedan revelar las imperfecciones de la soldadura aplicada y de ser necesario, realizar las correcciones correspondiente.

Pruebas de Calidad de la Soldadura		
		
Imagen 39: Líquidos Penetrantes	Imagen 40: Aplicación del revelador	Imagen 41: Resultados de la calidad de la soldadura.
Fuente: Julio Celi		

La inspección de la calidad de la soldadura no debe presentar las siguientes irregularidades:

	
Imagen 42: Poros	Imagen 43: Socavación
Fuente: Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura, Adalberto Ruiz LL.	

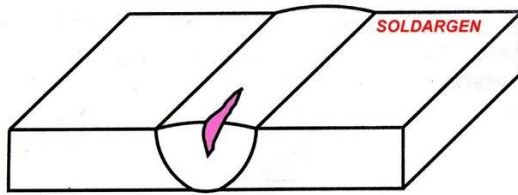


FIG. 1 FISURA LONGITUDINAL

Imagen 44: Fisuras

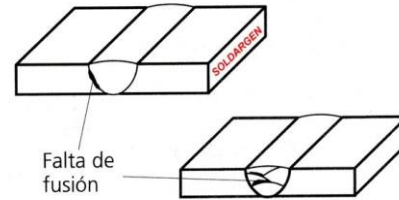


FIG. 8 FALTA DE FUSION

Imagen 45: Falta de Fusión



Imagen 46: Discontinuidad

Fuente: Discontinuidades del Metal Base y de la Soldadura, Adalberto Ruiz LL.

Se recomienda controlar el relieve de la soldadura, el metal de aportación debe proyectarse por lo menos 1.6 mm por encima de la superficie después de soldar, el que sobresalga se debe eliminar mediante desbaste, pulido, o ambos.

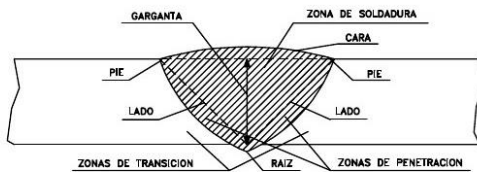


Imagen 47: Medición de la soldadura



Imagen 48: Relieve de la soldadura



8.8 INSPECCIÓN DE PINTURA.

Pintura Conjuntos	
	
Imagen 49: Anticorrosivo	Imagen 50: Almacenamiento de perfiles ya pintados
Fuente: Julio Celi	

Con el objeto de prolongar la durabilidad del acero estructural, es necesario aplicar sobre todos los perfiles metálicos un producto que le permita evitar los ataques producidos por la corrosión mediante la imprimación de una película anticorrosiva, en este caso, mediante el siguiente procedimiento:

- Se debe preparar la superficie de todos los elementos, de tal manera que se retire la grasa, el polvo o cualquier otro tipo de sustancia que evite la correcta aplicación del PRIMER.
- Se debe aplicar capas firmes de anticorrosivo marca BLER, de conformidad con las especificaciones indicadas en la ficha técnica del producto.
- Es importante realizar un almacenamiento adecuado, en el que se garantice que cada elemento conservará la película aplicada antes de ser enviada para el montaje.
- Las condiciones del lugar donde se aplica la pintura es óptima, ya que no se encuentra a la intemperie, por lo tanto la humedad y la temperatura no son muy variables.
- Es importante controlar espesores y adherencia de la pintura durante todo el proceso, pues espesores altos garantizan:
 - Excelentes características de flujo
 - Apropiado refuerzo envolvente.
 - Mínima capacidad de filtración del vapor de agua de gases, y otros.



- Normalmente, el espesor que se mide es el de la película seca.
- Puede resultar útil valorar el espesor fresco con el fin de corregir oportunamente en el proceso de ejecución para conseguir una precisa película seca.
- La relación entre espesores de película húmeda y seca depende del contenido de sólidos en volumen.
- Se recomienda emplear alguno de los siguientes métodos para realizar la medición del espesor de la pintura: En estado húmedo:

Imagen 51: El Peine



Fuente: https://www.neurtek.com/es/catalogos/general/NEURTEK_Pintura_Recubrimientos.pdf

En la siguiente tabla se indican los espesores mínimos recomendados, asociados al mantenimiento preventivo de la estructura, los cuales están directamente relacionados con la exposición a la cual estará sometida la estructura metálica frente a los ataques de la corrosión.

Imagen 52: Control de Asentamientos

Espesores de película (Requerimiento ISO 12944)

Durabilidad	Bajo	Medio	Alto
Categoría			
C-2	80 μm (3 mils)	120 μm (5 mils)	160 μm (6.5 mils)
C-3	120 μm (5 mils)	160 μm (6.5 mils)	200 μm (8 mils)
C-4	160 μm (6.5 mils)	200 μm (8 mils)	240 μm (10 mils) con Zinc primer 280 μm (11 mils) sin Zinc primer
C-5 (1,M)	200 μm (8 mils)	280 μm (11 mils)	320 μm (13 mils)

Fuente: ISO 12944

Durabilidad Esperada: Tiempo para el primer mantenimiento

Bajo..... 2 – 5 años
Medio.....5 – 15 años
Alto.....> 15 años

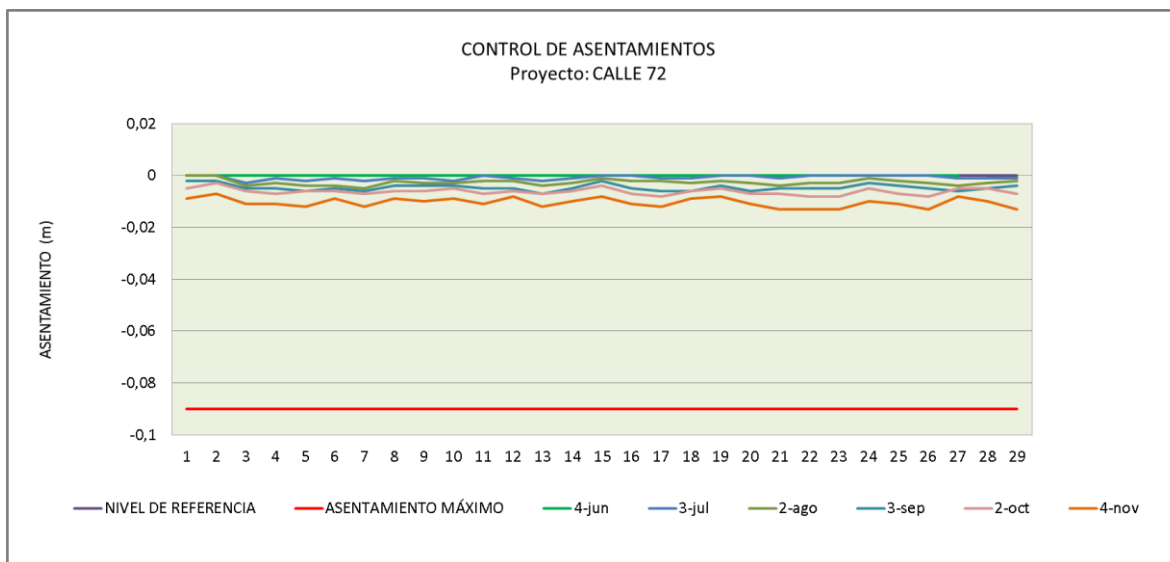


Luego de realizar una revisión aleatoria tanto en planta de fabricación como en el montaje, acerca de los espesores por cada capa de anticorrosivo y de pintura de acabado final de la estructura metálica, se concluye que, cumple con los parámetros mínimos indicados en la ISO 12944, con un espesor mínimo de 80 μm (3 mils) y se concluye que, requiere un mantenimiento dentro de los próximos 2-5 años y va a estar protegida contra los ataques de la radiación solar y de la corrosión.

8.9 CONTROL TOPOGRAFICO.

De acuerdo con el estudio de suelos SRC 3913 de abril de 2018, los asentamientos totales teóricos máximos se han estimado en 9cm y los asentamientos diferenciales en 2,5cm; a continuación se muestra la gráfica de los controles de asentamientos durante un periodo de 6 meses, en donde se observa que los valores presentados en dicho control se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el estudio de suelos anteriormente señalado.

Imagen 52: Control de Asentamientos



Fuente: Julio Celi



9. CONCLUSIONES

- ✓ Los perfiles de fabricación de acero laminado en caliente IPE, HEA, platinas, láminas, planchas, y tornillería deben de satisfacer los requisitos de dimensiones especificaciones y características señalados en los diseños y ejecutados durante los procesos de fabricación de taller.
- ✓ Los perfiles de fabricación de acero laminado en caliente IPE, HEA, platinas, láminas, planchas, y tornillería tienen que satisfacer los requerimientos en cuanto a composición química, y deben estar indicados en los certificados de calidad de procedencia para poder fabricar según las tolerancias respectivas exigidas en las normas ASTM.
- ✓ La soldadura debe de cumplir con las especificaciones de la American Welding Society (AWS A5.1/A5.1M-2004).
- ✓ Tintas penetrantes se realizaran al 15% de las soldaduras escogidas por la dirección de obra o la interventoría.
- ✓ Es importante controlar espesores y adherencia de la pintura en durante todo el proceso.
- ✓ Se requieren las fichas técnicas de las pinturas, anticorrosivo, líquidos penetrantes para pruebas de soldaduras.
- ✓ Se recomienda que los informes de las pruebas de líquidos penetrantes contengan como mínimo la identificación de las irregularidades de las soldaduras efectuadas, identificación de los conjuntos, y las recomendaciones respecto de los correctivos a realizar.
- ✓ Las pruebas efectuadas en campo de líquidos penetrantes o para la toma de espesores de puntura, deberán ser realizadas por personal calificado para dicha labor, y/o por un inspector de soldaduras I.
- ✓ Como se mencionó al inicio del presente trabajo, la mayor cantidad de patologías provienen de malas prácticas durante el proceso constructivo, pues no se tienen los controles necesarios para reducir al máximo los riesgos de deterioro por deficientes procesos de fabricación y de montaje; es importante resaltar que, las prácticas mencionadas anteriormente ayudan a reducir al máximo el deterioro y elevan la durabilidad a largo plazo de un proyecto, en este caso de construcción.



10. BIBLIOGRAFIA

Carrio, Juan M. (1994), Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos.

(SRC ingenieros civiles. Informe estudio de suelos SRC 3913, proyecto calle 72, 2018.)

Muñoz, H. (2015). Construcción, interventoría y supervisión técnica de las Edificaciones de concreto estructural. Bogotá, Colombia. Asocreto.

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. (2010). Título C, Concreto Estructural NSR-10. Recuperado de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_C.pdf

Broto, C, Ed Barcelona (2005). Enciclopedia

DURAR, (1997). Manual de Inspección Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado.

Universidad Politécnica de Madrid, Tomo 1, 2004. Manual de Patología de la Edificación,

ACI 224.1r. (1993). Causas Evaluación y Reparación de Fisuras, recuperado de <https://es.scribd.com/document/512270598/Aci-224-1r-2007-es-causas-Evaluacion-y-Reparacionde-Fisuras-Es-002>

AWS D1.1/D1.1M: (2015). Código de soldadura estructural – acero, American Welding Society.

NTC 5832, (2012). Prácticas Normalizadas para la Fabricación y Montaje de Estructuras en Acero. Edificios y Puentes, Icontec.

Valencia C. Gabriel, (2013). Manual de Inspección de Estructuras Metálicas, ECI.



ANEXOS