



**ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DE
SISTEMA SELECTIVO ESTRUCTURAL**

Elaboró:

Ing. Diego Castiblanco Hernández

Análisis de ingeniería

Bogotá, 17 de marzo de 2023

CONTENIDO

1	PROPÓSITO.....	3
2	ALCANCE.....	3
3	NORMAS.....	3
4	DESCRIPCION GENERAL.....	3
4.1	Ubicación geográfica.....	3
4.2	Uso.....	3
4.3	Modo de cargue.....	4
4.4	Sistema estructural.....	4
4.5	geometría estructura.....	5
4.6	Estantería Selectiva.....	¡Error! Marcador no definido.
4.7	Planos del sistema.....	5
5	TIPO DE ANÁLISIS.....	6
5.1	Cargas muertas DL.....	6
5.2	Cargas de Producto PL.....	6
5.3	Cargas de vivas LL.....	6
5.4	CARGAS VERTICALES DE IMPACTO.....	6
6	MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO.....	8
7	Capacidad de carga para el sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
7.1	Análisis de resistencia e la bandeja individual.....	¡Error! Marcador no definido.
	Al realizar el análisis de el rack completo se corrobora el valor por nivel de 42Kg de masa para una fuerza por bandeja de 411.6N. Se encuentra un valor de factor de seguridad de 1.53108.....	¡Error! Marcador no definido.
7.2	SOBRESFUERZO.....	10
8	ANEXO 1 -INFORMACION RACK 01.....	¡Error! Marcador no definido.

1 PROPÓSITO

Definir las condiciones de carga de la estantería tipo selectivo estructural que se encuentran en diferentes locaciones de coca cola FEMSA. El propósito del análisis es definir la carga máxima permisible para cada rack de acuerdo a la configuración geométrica.

2 ALCANCE

Este análisis aplica para todos los racks que tengan las mismas configuraciones geométricas que los racks del estudio. Se definirá una tabla resumen por ciudad ya que cada locación tiene diferentes factores de diseño dependiendo de la localización geográfica establecida. Cada memoria de cálculo está definida a las condiciones de la locación particular. Para este caso la memoria aplica para los racks selectivos estructurales instalados en Bogota Norte.

3 NORMAS

En Colombia las estructuras metálicas de almacenamiento están regidas por las siguientes normas:

- NTC 5689 Especificación Para El Diseño, Ensayo Y Utilización De Estanterías Industriales De Acero. REF. ANSI-RMI MH16.1-2004.
- NSR 10 NORMA SISMO RESISTENTE

4 DESCRIPCION GENERAL

4.1 Ubicación geográfica

Las estructuras a analizar se encuentran ubicadas Coca Cola FEMSA en Colombia en diferentes locaciones en la ubicación geográfica especificada a continuación:

Planta	Localización (latitud 'longitud)
BOGOTA NORTE	4.680717330324941, -74.12751920528649

Las estructuras están a nivel de terreno y no existe conexión a algún sistema estructural, cubierta, columna o algún elemento de la bodega.

4.2 Uso

Este tipo de estantería presta servicio de almacenamiento de bienes privados en un área cerrada al público. Estos bienes se manejan en apilados que conforman cargas máximas unitarias, un pallet, de 1.200kg de peso máximo, incluida la estiba.

4.3 Modo de cargue

De acuerdo al tipo de estructura los pallets son ubicados por montacargas en sus respectivas posiciones y son retirados de la misma manera en el punto de recogida. Es una estantería tipo 400 para pasillo ancho.

4.4 Sistema estructural

En el sistema selectivo la estantería está concebidas partiendo de la unidad estructural “marco” y vigas de carga. Los marcos están conformados por dos paraleles con sección en C y arriostrado por perfiles con sección L. Algunas conexiones son soldadas otras conexiones son atornilladas. Los marcos se extienden según la altura de cada estructura. Las vigas según la ubicación en la estructura corresponden a perfiles con sección en C o sección rectangular. En algunas estructuras se utiliza, además de los paraleles en C que en este caso son laminados en caliente.

Referente a las conexiones atornilladas entre vigas y marcos se utiliza un sistema porticado mediante dos tramos de marco reforzado conectados a una viga estructural, dicha viga soporta la carga de otros marcos ubicados sobre la misma.

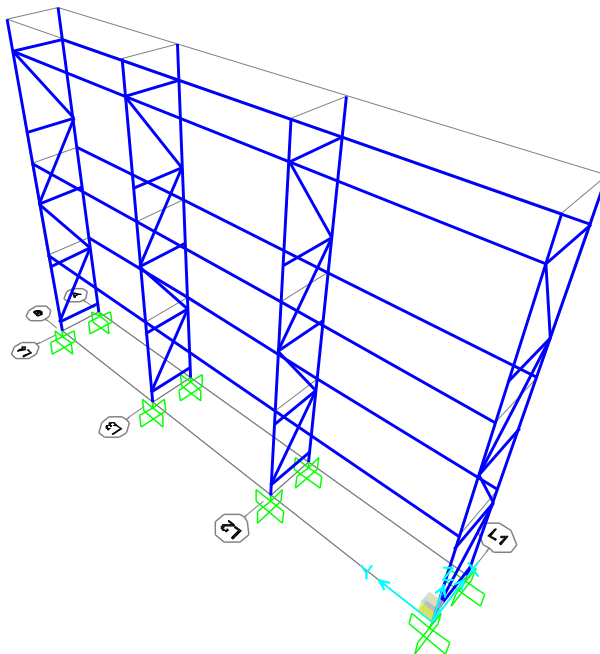


Fig 1. Vista 3D del modelo estructural para el rack selectivo

4.5 Geometría estructura

La estantería tipo selectiva, es la mas básica y típica de las estructuras de estantería, esta compuesta por marcos con paralelos C3 y ángulos arriostrando los paralelos. Las vigas son elemento rectangulares sección 4"x2" cal 14. Con conexiones a momento.

Sección	Esfuerzo de fluencia- MPa	Esfuerzo ultimo - MPa
Canal C3"	468	640
Mat. viga	460	538
A 36*	250	400

Fig 2. Características de los materiales

4.6 Planos del sistema

A continuación, el esquema general de la estantería. El largo del puntal es de 6.000mm de altura con un marco de 920mm de ancho con riostras espaciadas cada 1.800mm

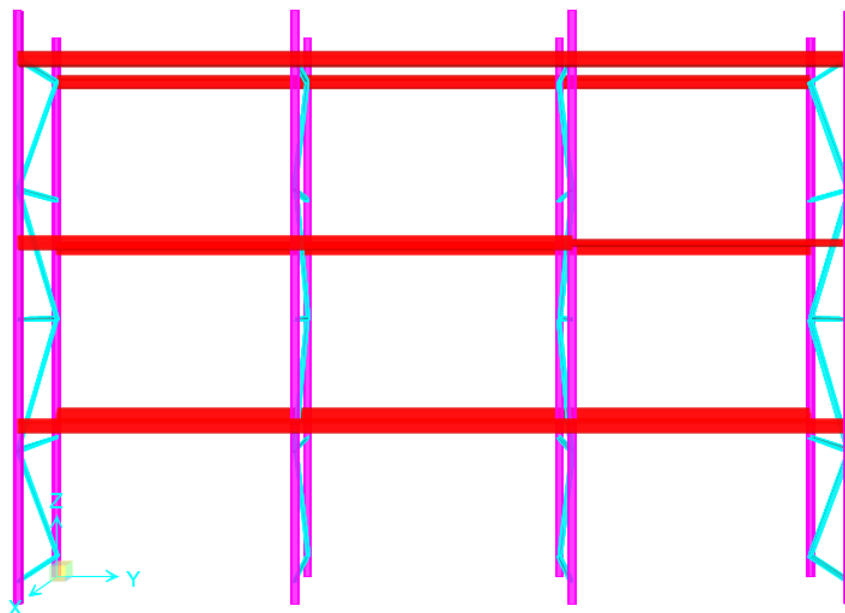


Fig 3. Estantería selectiva

5 TIPO DE ANÁLISIS

Las estanterías se diseñarán para la combinación más crítica de cargas muertas, cargas vivas, cargas del producto almacenado, cargas verticales de impacto, cargas horizontales y cargas de viento o de sismo, según sea aplicable.

5.1 Cargas muertas DL

Las generadas por elementos estáticos en la estructura y el peso propio: marcos, arriostrados y vigas. Las determina automáticamente el software. Para este caso es el peso de la estructura.

5.2 Cargas de Producto PL

Las cargas de almacenamiento máximas. De acuerdo a los datos suministrados cada nivel se habilita para estibas de **1.500 kgf** es decir 3.000 Kgf por nivel. La condición de mayor carga será cuando todos los espacios de almacenamiento estén ocupados.

Para una viga de 2.4m la carga unitaria es :

$$\frac{3.000 \text{ kgf} * 9.8\text{m/s}^2}{2 \times 2.4 \text{ m}} = 6.125\text{kN/m}$$

5.3 Cargas de vivas LL

Las cargas vivas presentes en la estructura, generadas por personal en inspección u otras no contempladas. Para este tipo de estantería se tiene una carga viva para diseño en el momento e inspección o mantenimiento del rack.

5.4 Cargas verticales de impacto

Las vigas portantes, los brazos portantes (cuando los haya) y las conexiones de extremo de las vigas o los brazos a los parales se deben diseñar para una carga vertical adicional por impacto con una magnitud del 25 % del peso de una unidad de almacenamiento, aplicada en la posición más desfavorable para el efecto que se esté analizando

5.5 Cargas de viento

Como los racks estarán instalados dentro de una nave industrial no se considera expuesto a las acciones eólicas.

Para todos los componentes de la estantería:

	Estado límite
1) $1,4DL + LL + 1,2PL$	Carga muerta
2) $1,2DL + 1,6LL + 0,5(SL \text{ o } RL) + 1,4PL$	Carga viva / producto
3) $1,2DL + 1,6(SL \text{ o } RL) + (0,5LL \text{ ó } 0,8WL) + 0,85PL$	Granizo/lluvia
4) $1,2DL + 1,3WL + 0,5LL + 0,5(SL \text{ o } RL) + 0,85PL$	Carga de viento
5) $1,2DL + 1,5EL + 0,5LL + 0,2SL + 0,85PL$	Carga sísmica
6) $0,9DL - (1,3WL \text{ ó } 1,5EL) + 0,9PL_{app}$	Arrancamiento

Para las vigas portantes y sus conexiones únicamente:

7) $1,2DL + 1,6LL + 0,5(SL \text{ o } RL) + 1,4PL + 1,4*Imp$	producto/viva/impacto (para entrepaños y conexiones)
--	--

For all rack members:

1. $1.4DL + 1.2PL$	Critical Limit State
2. $1.2DL + 1.4PL + 1.6LL + 0.5(Lr \text{ or } SL \text{ or } RL)$	Dead load
3. $1.2DL + 0.85PL + (0.5LL \text{ or } 0.8WL) + 1.6(Lr \text{ or } SL \text{ or } RL)$	Live/Product load
4. $1.2DL + 0.85PL + 0.5LL + 1.6WL + 0.5(Lr \text{ or } SL \text{ or } RL)$	Snow/Rain
5. $(1.2 + 0.2S_{Ds})DL + (0.85 + 0.2S_{Ds})PL + 0.5LL + 1.5EL + 0.2SL$	Wind load
6. $0.9DL + 0.9PL_{app} - 1.6WL$	Seismic load
$(0.9 - 0.2S_{Ds})DL + (0.9 - 0.2S_{Ds})PL_{app} - 1.5EL$	Wind Uplift
	Seismic Uplift

For load support beams and their connections only:

7. $1.2DL + 1.6LL + 0.5(SL \text{ or } RL) + 1.4PL + 1.4 * IL$ connections)	Product/Live/Impact (for shelves and connections)
--	---

where:

DL = Dead Load

LL = Live Load other than the pallets or products stored on the racks. (Example, floor loading from rack supported platforms)

Lr = Roof Live Load

SL = Snow Load

RL = Load from rain including ponding

WL = Wind Load

EL = Seismic Load

IL = Impact loading on a shelf (Section 2.3)

PL = Maximum Load from pallets or products stored on the racks.

PL_{app} = When checking for seismic uplift, the portion of pallet or product load that is used to compute the seismic base shear.

6 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

Localización:	Bogotá, Cundinamarca 4.680717330324941 -74.12751920528649
Número de pisos elevados	Tres (3)
Número de pisos enterrados	Ninguno (0)
Uso de la estructura	Almacenamiento
Sistema de piso	N/A
Método de análisis	Estático equivalente
Sistema estructural	Anaqueles de acero para almacenamiento
Zona de amenaza sísmica	Intermedia
Perfil del suelo	D
Grupo de uso	I (I= 1.00)

Fig 4. Resumen de condiciones del rack

La estructura esta instalada en Bogotá De acuerdo con el apéndice A-4 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se clasifica como se indica en la tabla siguiente.

Municipio	Código	A _a	A _v	Zona de amenaza sísmica
Bogotá	11001	0.15	0.2	Intermedia

Perfil del suelo	F _a	F _v
Tipo E	0.95	2.7

Fig 5. Nivel de amenaza sísmica (Escenario sísmico de diseño)

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fig 6. Valores de coeficientes de aceleración y de velocidad

Del análisis desarrollado se puede evidenciar de las secciones de los elementos estructurales propuestos, en general, son adecuados para resistir las fuerzas gravitacionales y accidentales que se esperan durante la vida útil.

Como elementos de vigas se recomienda el uso de secciones Box, en su referencia B100x50x1.50.

Como elementos de poste o paral se recomienda el uso de secciones Omega. En los primeros 4.90 m se dispondrá una sección doble de N925+N920. De ahí en adelante se mantendrá la sección N925.

Para la conformación de los bastidores se recomienda utilizar diagonales dobles 2C22x40x1.50, con espaciamentos máximos de 750 mm y 1450 mm para el primer y segundo elemento respectivamente.

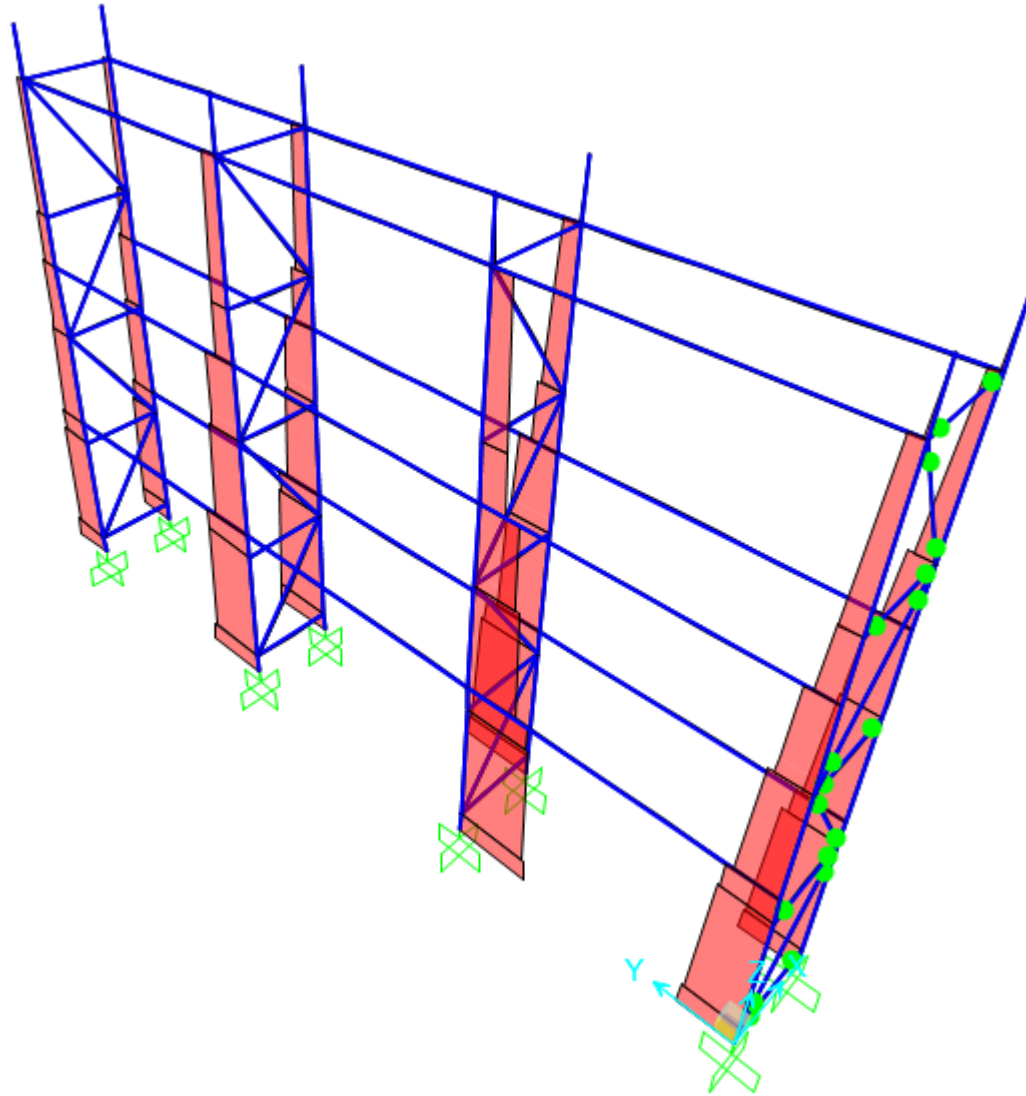
La reglamentación solicita que los desplomes verticales no superen el valor $1/240$ de la altura neta del marco.

Para el presente caso la altura del marco es 7.1 m en la parte posterior. El valor máximo de desplome es de 29,5 mm.

Comparando estos valores con los verificados con el modelo estructural se encuentra conforme al encontrar un desplazamiento horizontal máximo de 2,5 mm.

6.1 Sobreesfuerzo

Al evaluar el índice de sobre esfuerzo se evalúa el comportamiento en términos de resistencia de acuerdo a los casos de carga requeridos para la estantería por la NTC 5689. Un valor mayor a 1 indica que se está superando la capacidad de carga del elemento en alguno de los casos de carga requeridos. Se evidencia, en la siguiente imagen, que todos los elementos cumplen completamente los requerimientos respectivos



7 CONCLUSIONES

Del diseño estructural se puede evidenciar que los miembros estructurales propuestos son satisfactorios, ya que presentan relaciones demanda/capacidad menores a 1.

Así mismo, la estructura posee una rigidez vertical y lateral adecuada, controlando los desplazamientos producidos por un evento sísmico cumpliendo con los estándares menores a los máximos sugeridos por AIS 180-13 y RMI. Para una carga por posición de 1.500 Kg