



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA
CONSTRUCCIÓN**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS
TESIS**

**ANALISIS POR DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR
SUBSIDENCIA DESDE UN ENFOQUE PROBABILISTICO**

PRESENTA

I.C. Víctor Emmanuel Dueñas Pérez

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON
ESPECIALIDAD EN ESTRUCTURAS**

COMITÉ TUTORIAL

Dr. José Ángel Ortiz Lozano

Dra. Silvia Rodríguez Narciso

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

CARTA DE VOTO APROBATORIO

Dr. José Angel Ortiz Lozano
Dra. Silvia Rodriguez Narciso
Dr. Mario Eduardo Zermeno de León

Dr. Hector Homeni Posada Avila
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como Miembros del Comité Tutorial designado del estudiante: VÍCTOR EMMANUEL DUEÑAS PÉREZ con ID 113053 quien realizó la tesis titulada: **ANÁLISIS POR DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SUBSIDENCIA DESDE UN ENFOQUE PROBABILÍSTICO**, un trabajo propia, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento

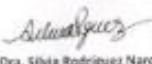
General de Doctoría damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla *así como* continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

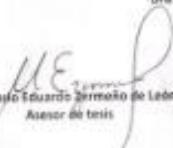
A TENTAMIENTO
"Se Lumen Proferre"
Aguascalientes, Ags., a 31 de mayo de 2021


Dr. José Angel Ortiz Lozano

Tutor de tesis


Dra. Silvia Rodriguez Narciso

Co-Tutora de tesis


Dr. Mario Eduardo Zermeno de León

Asesor de tesis

c.c.a.- Interesado
c.c.p.- Secretaria Tesis del Programa de Postgrado

Elaborado por: Dr. Homeni Posada Avila.
Revisado por: Dr. Homeni Posada Avila. Coordinador del Programa de Postgrado.
Aprobado por: Dr. Homeni Posada Avila. Director del CEDC. Programa de Postgrado.

Código: 00-000-00-00
Aprobación: 00
Número: 113053

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO

Logo UNAM

Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 23/05/2021

NOMBRE:	VÍCTOR EMANUEL DAJERAS PÉREZ			ID:	<u>113053</u>	
PROGRAMA:	MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ESPECIALIDAD EN ESTRUCTURAS		EGAC (el) postgrado:	ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN		
TIPO DE TRABAJO:	<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo Práctico				
TÍTULO:	ANÁLISIS POR DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SUELDERIA DESDE UN ENFOQUE PROBABILÍSTICO					
IMPACTO SOCIAL (señalar el Impacto logrado):	Analiza la complejidad de que el análisis por desempeño puede utilizarse en los elementos afectados por soldadura, así como prever con cierta grado de confiabilidad, la capacidad real de las construcciones de mostrar un desempeño deseado, lo cual sirvió a los usuarios, con una seguridad estructural adecuada.					
INDICAR	SI	NO	M.A.	(NO APLICA)	SEGÚN	CORRESPONDA:
<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico</i>						
<input checked="" type="checkbox"/>	El trabajo es congruente con los EGAC del programa de posgrado					
<input checked="" type="checkbox"/>	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario					
<input checked="" type="checkbox"/>	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado					
<input checked="" type="checkbox"/>	Los resultados del trabajo son respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda					
<input checked="" type="checkbox"/>	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área					
<input checked="" type="checkbox"/>	El trabajo demuestra más de una oportunidad original el conocimiento de su área					
<input checked="" type="checkbox"/>	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país					
<input checked="" type="checkbox"/>	Muestra transferencia del conocimiento o investigación					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cumple con la ética para la investigación y evita la fomentación al plagio					
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>						
<input checked="" type="checkbox"/>	Cumple con las señaladas por el Reglamento General de Disciplina					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cumple con las regulaciones señaladas en el plan de estudios (créditos curriculares, parciales, actividades complementarias, evaluación, etc.)					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenta con las votas y aprobatorias del comité regular, en caso de los postgrados profesionales el cliente solo autoriza liberar solo el tutor					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenta con la carta de autorización del tesorero					
<input checked="" type="checkbox"/>	Cumple con el título y diploma registrados					
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiene Reconocimiento con méritos académicos					
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiene el CVU del Comité actualizado					
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiene el artículo escrito y publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)					
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i>						
<input checked="" type="checkbox"/>	Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa					
<input checked="" type="checkbox"/>	Si en calidad en el primer autor					
<input checked="" type="checkbox"/>	Si autor de correspondencia en el Tutor del Núcleo Académico Básico					
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiene artículos se satisface los objetivos de la tesis, se que son producto de este trabajo de investigación					
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiene artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el informe en que fueron publicados					
<input checked="" type="checkbox"/>	La aceptación o publicación de los artículos en revistas (Indicarlos) sin el impacto					
Con base a estos criterios, se autoriza se consideran con los trámites de libación y programación del examen de grado:						
Sí <u> </u> No <u> </u>						
FIRMAS						
Egresado:						
* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO TUTOR (EGAC DE ADSCRIPCIÓN):	<u>DR. MARIO EDUARDO ZERMENO DE LEÓN</u>					
Nombre y firma del Secretario Técnico:	<u>DESMERLIN HERNANDEZ MARIN</u>					
* En caso de conflicto de intereses, Renuncia el miembro del Núcleo Académico Básico que no sea supervisor o director al tutor o encargado del examen inicial, designado por el Director						
Renuncia:						
Nombre y firma del Secretario de Investigación y Posgrado:						
Asesoría:						
Nombre y firma del Decano:						
Note: precede el trámite para el Depto. de Apoyo al Postgrado						
En cumplimiento con el Art. 133C del Reglamento General de Disciplina que el la persona certificada en su función en el cargo de Director, Co-Director, Encargado de la Defensa del Programa de Posgrado y el Art. 133F del mencionado						
Reglamento por el Apoyo al Postgrado						
Renuncia por el Director Encargado de la Defensa						
Asistido por el Director Encargado de Apoyo al Postgrado						
Clave: 001 000-00-13 Av. Insurgentes 25 Col. Centro, C.P. 06000 Ciudad de México, D.F.						

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin todas las personas que mencionaré, sepan que el estar al tanto de mi situación, era a veces la motivación que necesitaba para llegar a la meta.

A mis padres, antes que todo, que día a día se esforzaron por enseñarme el sentido de la responsabilidad y la perseverancia, y que no conformes con ello, me han apoyado sin importar el número de veces que me salí del camino, aprendiendo juntos a ser mejores, quiero decirles, lo logramos.

A mis hermanos, que tal vez nunca lo notaron, pero a veces el entender que no podía verlos tanto como yo hubiera querido, me permitía seguir avanzando en este proceso, buscando el objetivo de ser mejor, a ellos les digo, nunca se rindan, sin importar lo que pase, pues, así como mis padres me ayudaron a alcanzar mis metas, también lo harán con ustedes, en la medida de su respectivo esfuerzo.

A mi comité tutorial y profesores, que nunca se rindieron conmigo, y que incluso en tiempos complicados, estuvieron al pendiente de mi avance y, sobre todo, exigiéndome siempre, una mención especial para la Dra. Silvia Rodríguez Narciso, pues sin sus conocimientos del área de estadística y probabilidad, está investigación no hubiera sido posible.

A mis amigos, tal vez durante este proceso me alejé de todos ustedes, pero el saber que sin importar el tiempo un saludo siempre era correspondido, me ayudó a alcanzar el objetivo. Mención especial al M. en I. Jhonatan Limón, que además de su amistad, me apoyo con sus conocimientos.

A mi pequeña familia, Xóchitl Castillo, mi compañera de vida, que desde hace 6 años me ha acompañado y que siempre me ha presionado para ser mejor, de la que he recibido apoyo incondicional, a ti solo te digo, gracias, te quiero para toda la vida mi chula. A nuestros 3 perritos quienes se turnaron noche con noche de desvelo para acompañarme frente a la computadora.

A todos ustedes, gracias, totales.

Por último, pero no menos importante, quiero mencionar, no como agradecimiento, sino como tributo, a todas las personas que perdimos en esta complicada situación, haya sido o no por COVID-19, sepan que seguiremos luchando como ustedes hubieran querido.

Contenido

Resumen.....	4
Capítulo I Introducción.....	5
1.1 Prólogo	5
1.2 Objetivo General	6
1.3 Objetivos particulares	6
1.4 Preguntas de investigación	6
1.5 Justificación	6
1.5.1 Teórica.....	7
1.5.2 Conveniencia y relevancia	7
Capítulo II – Estado Actual del Conocimiento	8
2.1 Método por desempeño en ingeniería sísmica.....	8
2.2 Análisis Pushover.....	13
2.3 Curvas esfuerzo-deformación	14
2.4 Subsistencia.....	15
2.5 Confiabilidad Estructural.....	17
2.6 Movimiento Browniano.....	19
Capítulo 3. Metodología de la investigación.....	20
3.1 Hipótesis	20
3.2 Variables	20
3.3 Alcances.....	20
3.4 Diseño de la investigación.....	21
3.5 Objeto de estudio.....	21
3.6 Análisis de los datos.	21
Capítulo 4. Marco Teórico.....	22
4.1 Reglamentación americana.....	22
4.1.1 FEMA	22
4.1.2. Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.....	25
4.2 Reglamentación mexicana.	28
4.3 Análisis Push-Over.....	28
4.4 Subsistencia por medio de análisis Pull-down.	31
4.5 Enfoque probabilístico y confiabilidad estructural.	32

Capítulo 5. Campaña Experimental.....	33
Capítulo 6. Análisis de resultados.....	40
6.1 Marco con COL 18-35 TRABE 16-26	40
6.2 Marco con COL 18-35 TRABE 16-26	45
6.3 Marco con COL 12-35 TRABE 10-26	49
Capítulo 7. Conclusiones	54
ANEXO A. Tablas y gráficas de resultados.....	56
A.1 Marco Columna 18-35 y Trabe 16-26	56
A.2 Marco Columna 16-40 y Trabe 14-30	67
A.3 Marco Columna 16-40 y Trabe 14-30	78
ANEXO B. Código de programación.....	89
Bibliografía.....	103

Tabla 1 Niveles de demanda sísmica.....	13
Tabla 2 Expectativa de desempeño de ciertos arquetipos estructurales usando el método por desempeño de FEMA (FEMA P-58-5)	25
Tabla 3 Objetivos de desempeño básicos para edificios existentes, tomada del código 41-13. 2014, de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles, ASCE	27
Tabla 4 Niveles de desempeño importantes para el estudio.....	30
Tabla 5 características físicas del primer marco.	40
Tabla 6 Resultados de la simulación para un marco cuadrado. 3m x 3m	40
Tabla 7 Tabla de valores esperados para un marco cuadrado con rotula 1.25	43
Tabla 8 características físicas del segundo marco.....	45
Tabla 9 Resultados de la simulación para un marco cuadrado de 3m x 3m	45
Tabla 10 Valor esperado para cada nivel de desempeño en el segundo marco.....	47
Tabla 11 Características físicas del tercer marco estudiado	49
Tabla 12 Datos de salida del modelado de un marco cuadrado tipo 3.....	49
Tabla 13 Valores esperados para un marco tipo 3.....	52

Figura 1 Proceso para evaluar el desempeño de una estructura Fuente: FEMA P695, 2009	11
Figura 2 Curva esfuerzo-deformación idealizada Uribe-Vargas et al (2019).....	15
Figura 3 Ejemplo de modelado de estructuras para análisis por desempeño (SAP 2000)	29
Figura 4 parámetros para creación de caso de carga Pushover (SAP 2000)	29
Figura 5 Control de aplicación de carga en el caso de carga Pushover (SAP 2000)	30
Figura 6 Control de pasos guardados por la aplicación, a mayor número de pasos, mejor definición de niveles de desempeño.....	30
Figura 7 Rotulas plásticas formadas en la estructura modelada, la paleta de colores indica el nivel de desempeño alcanzado (SAP 2000)	31

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Figura 8 Marco de análisis 1, el mostrado tiene misma altura que la distancia entre sus apoyos.....	33
Figura 9 Ejemplo de rotula con variación en pendiente de 1 a 1.25.....	34
Figura 10 Representación de caso de carga PULL.....	35
Figura 11 Con 7.36 cms de desplazamiento, aparece la primer rotula plástico, aún en el nivel operacional	36
Figura 12 Con 15.62 cms de desplazamiento, ocurre el colapso en la estructura.....	36
Figura 13 Grafica de comportamiento Distancia entre apoyos vs distorsión angular	37
Figura 14 Gráfica de comportamiento pendiente de la rótula vs distorsión angular	37
Figura 15 Gráfica de aparición de niveles de desempeño	41
Figura 16 Gráficas 3D de comportamiento para cada nivel de desempeño	42
Figura 17 Iteraciones de comportamiento de la velocidad de hundimiento	43
Figura 18 Curvas de desempeño, donde se presenta la probabilidad de excedencia de cada nivel de desempeño en función del tiempo	44
Figura 19 Gráfica de aparición de niveles de desempeño	46
Figura 20 gráficas 3D del comportamiento por nivel de desempeño	46
Figura 21 Gráfica de iteraciones para determinar la probabilidad de incidencia de los umbrales de desempeño.....	48
Figura 22 Gráficas de probabilidad de excedencia de los niveles de desempeño a través del tiempo	48
Figura 23 Gráfica de valores obtenidos por nivel de desempeño.....	50
Figura 24 Gráficas 3D del comportamiento por nivel de desempeño	51
Figura 25 Gráfica de iteraciones de comportamiento de hundimiento.....	52
Figura 26 Curvas de desempeño o de probabilidad de excedencia del estado límite (nivel de desempeño)	53

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo primordial, determinar, mediante la creación de un procedimiento paso a paso, si el análisis estructural usando el método por desempeño, puede usarse en elementos de tipo marco rígido, afectados por la subsidencia.

El método por desempeño en la actualidad es usado en su mayoría para analizar estructuras afectadas por sismo, por lo que de comprobarse que este método es válido y ofrece resultados confiables, se podría dar el siguiente paso en el análisis estructural.

Siendo la subsidencia una de las problemáticas de mayor peligro dentro de la sociedad, es necesario crear nuevas alternativas para que sus afectaciones se vean reducidas en los elementos constructivos de la actualidad.

En esta tesis se crea un procedimiento para el análisis por desempeño de las estructuras afectadas por subsidencia, iniciando con datos provenientes de la simulación de marcos por medio de la herramienta SAP2000®. Se determina con estos datos, un modelo estadístico que permite la aproximación de los resultados de los niveles de desempeño para diferentes tipos de estructuras.

Contrario a lo que sucede en una simulación estructural por medio de un software de análisis, donde normalmente el hundimiento es lineal, se utiliza un proceso estocástico de Wiener para simular los hundimientos del terreno, provocados por el fenómeno de la subsidencia, considerando la variabilidad de estos. Estas simulaciones permiten la creación de curvas de desempeño que optimizarán el proceso de análisis.

Esta investigación generó datos que crean la base para buscar un sistema que permita el análisis por desempeño de cualquier estructura afectada por subsidencia, buscando siempre una mayor seguridad para los usuarios.

Capítulo I Introducción.

1.1 Prólogo

Desde que el ser humano inició a construir diferentes espacios para facilitar y optimizar su calidad de vida, se ha dado cuenta que es necesario, no solo levantar grandes muros y columnas, si no también, entender dónde y por qué hay que colocarlos en ciertos lugares, esto ha dado pie al estudio del cálculo estructural, una rama de la ingeniería civil que se ocupa del diseño de la parte estructural, en diversos elementos, o sistemas constructivos dentro de las obras civiles.

Dicha rama también conocida como ingeniería estructural, y que, como toda creación o descubrimiento del ser humano, ha ido evolucionando junto con este, pues mientras más desarrollada está la tecnología, las nuevas obras civiles exigen un cálculo preciso y certero para no tener complicaciones durante su vida útil, ya que, aun cuando la humanidad siga evolucionando, su objetivo en la rama de la construcción sigue siendo el mismo, realizar obras imponentes, duraderas e innovadoras.

Dentro de esta evolución, se observa que los métodos tradicionales de análisis estructural se están convirtiendo en obsoletos, pues actualmente no solo se deben de considerar las cargas en sí, en este punto se debe de tomar conciencia que el ser humano y la tierra, son complementos importantes en el mundo actual, y que es imposible el avance de uno, sin considerar las afectaciones del otro.

Los nuevos métodos pretenden considerar un sinnúmero de afectaciones que una estructura puede sufrir, no solo las cargas vivas y muertas, también tomando en cuenta las cargas de viento, sísmicas de subsidencia, entre otras. Uno de los que mayor aceptación ha tenido es el método por desempeño, al cual podemos definir como, una forma de análisis estructural que no solo considera las cargas que recibirá el elemento en cuestión, ya que toma en cuenta la respuesta de dicho objeto ante las excitaciones externas que pueda recibir, además de cómo funcionará dicha estructura, cuando la excitación termine.

Este método tiene dos enfoques igual de importantes, el determinístico, y el probabilístico, en el primero se consideran diferentes simulaciones para, como lo dice su nombre, determinar el desempeño que tendrá la estructura, mientras que el segundo es el principal de esta investigación,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

este enfoque se basa en la confiabilidad estructural, la cual se define como la probabilidad de que la estructura soporte ciertos agentes externos, y cuál será su reacción ante los mismos.

1.2 Objetivo General

Simular el comportamiento de marcos rígidos ante afectaciones de subsidencia, para verificar que, con el método de análisis por desempeño desde un enfoque probabilístico, se pueda realizar un análisis estructural confiable, al desarrollar un procedimiento paso a paso tomando en cuenta dichas afectaciones.

1.3 Objetivos particulares

Demostrar que, el método por desempeño, normalmente usado en la afectación sísmica, pueda trasladarse al estudio de la subsidencia sin generar errores significativos en el cálculo.

Definir los parámetros y los elementos necesarios para la creación del procedimiento simplificado paso a paso que permitirá el análisis por desempeño de estructuras afectadas por subsidencia.

Comprobar que el procedimiento produzca resultados confiables, de ser necesario, realizar optimizaciones al procedimiento para perfeccionarlo.

1.4 Preguntas de investigación

- ¿El método por desempeño proporciona resultados confiables? ¿Estos resultados son más certeros a los que se obtienen usando métodos tradicionales?
- ¿Es posible aplicar el método por desempeño desde un enfoque probabilístico, en elementos afectados por subsidencia?

1.5 Justificación

En este apartado se presenta el por qué la investigación tiene la capacidad de otorgar información innovadora y de calidad, que siempre será el objetivo primordial de un estudio científico

1.5.1 Teórica.

Como se comentó en la introducción de este trabajo, las nuevas tecnologías y requerimientos de las obras arquitectónicas monumentales, además de los diferentes tipos de afectaciones que pueden sufrir, han provocado la necesidad de optimizar los métodos de análisis y estructural para poder hacer frente a estas necesidades.

Uno de los más aceptados es el método por desempeño, sin embargo, en su mayoría solo se ha utilizado para contrarrestar los efectos sísmicos en las estructuras, razón por la cual, se pueden aprovechar los avances en este ámbito, para demostrar que el método por desempeño, puede ser aplicado en estructuras afectadas por el fenómeno de la subsidencia.

Uno de los puntos más importantes en este trabajo, es revisar el método por desempeño desde un enfoque probabilístico de confiabilidad estructural, una rama aún más especializada del mismo, no existe mucha documentación sobre esta perspectiva, lo cual permite crear información nueva y fresca sobre el tema, sin embargo, se complica la comprobación de los resultados.

1.5.2 Conveniencia y relevancia

Es una realidad que el análisis estructural, como muchas otras ramas de la ciencia moderna, tiene que estar en constante evolución, pues se requiere obtener datos más precisos y a una velocidad mayor, por lo que al realizar un estudio utilizando el método por desempeño y la confiabilidad estructural en elementos afectados por subsidencia se podría encontrar el siguiente paso del análisis de estructuras, un paso basado en la optimización y especialización de este.

Capítulo II – Estado Actual del Conocimiento

2.1 Método por desempeño en ingeniería sísmica.

Con el avance tecnológico de los últimos años, todas las ramas de la ciencia humana han ido desarrollando nuevas ideas, dichas ideas han provocado que ciertos procedimientos queden obsoletos, por lo que es necesario aceptar que, a mayor demanda, estos procedimientos deben ser mejores.

En el caso de la construcción, las nuevas edificaciones buscan crear un impacto aún mayor en la vida urbana de las sociedades, aunadas a las diferentes afectaciones que estas sufren, tales como; sismos, desplazamientos diferenciados, vientos de alta velocidad, entre otros, han causado que los procedimientos de análisis y diseño estructural de las mismas se optimicen buscando la seguridad del usuario.

El método por desempeño busca hacer un cambio radical en la manera que el mundo ingenieril observa a las estructuras, pasando de la resistencia al desempeño, esto es, ya no es suficiente con que la estructura soporte las afectaciones que la aquejan, si no, que se desempeñen de una manera particular deseada.

Para este objetivo, se han desarrollado niveles de desempeño esperados en las estructuras estudiadas, que representan un estado límite o tolerable de daño, se basan en los daños físicos de las estructuras, y los riesgos de las personas que usen el elemento estructural estudiado; bajo estos fundamentos, se crean como referencia cuatro niveles de desempeño (SEAOC 1995)

- Totalmente operacional: daño estructural y no estructural, despreciable o nulo.
- Operacional: agrietamientos en elementos estructurales, daño leve.
- Seguridad de vida: daños moderados en algunos elementos. Perdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional.
- Precolapso: daños severos en elementos estructurales. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.

Sin embargo, existió un amplio grupo de académicos que aseguraron que los límites entre la fase operacional y la de seguridad de vida eran muy amplios, mientras que los que

marcaban la seguridad de vida y el precolapso muy estrechos. Después de los terremotos ocurridos en 1995 en Kobe, Japón, algunos investigadores propusieron que existiera un nivel intermedio, que considerara la supervivencia del elemento estructural, pero con un excesivo coste de recuperación total.

Por lo que en 1996 el consejo de tecnología aplicada, creo la ATC-40 (ATC, 1996) en donde se propuso niveles de desempeño diferentes y más específicos, además dichos niveles dependen de si el elemento estudiado es o no estructural.

Nivel de desempeño para la estructura (SP: “structural performance) (Safina 2003):

- SP1 Inmediata ocupación: el sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, puede haber ocurrido daño estructural muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.
- SP2 Daño Controlado: corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad. La vida de los ocupantes no está en peligro, aunque es posible que sean afectados.
- SP3 Seguridad: puede haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes interiores y exteriores e incluso, puede haber afectados. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales.
- SP4 Seguridad limitada: corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de seguridad y estabilidad estructural, con alto peligro para los ocupantes.
- SP5 Estabilidad estructural: corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Han sucedido daños sustanciales con una significativa degradación de rigidez y resistencia del sistema resistente a cargas laterales, aun cuando los componentes del sistema resistente a cargas verticales mantengan la capacidad suficiente para evitar el colapso. Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas. Estas edificaciones requieren reparaciones estructurales significativas.

Nivel de desempeño para elementos no estructurales (NP: “nonstructural performance”) (Safine 2003):

- NPA Operacional: después del sismo, los sistemas, componente y elementos no estructurales permanecen sin daño y funcionando. Todos los equipos y maquinarias deben permanecer operativos, aunque algunos servicios externos no estén del todo disponibles.
- NPB Inmediata ocupación: los sistemas, componentes y elementos no estructurales permanecen en su sitio, con pequeñas interrupciones que no comprometen o limitan su funcionamiento. Se mantiene un estado de seguridad para los ocupantes.
- NPC Seguridad: contempla considerable daño en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso o interrupción de estos, que pueda atentar seriamente contra los ocupantes. No debería haber fallo en los componentes peligrosos, sin embargo, el equipamiento y las maquinarias pueden quedar fuera de servicio. Puede haber algunos afectados, el peligro a la vida por los daños en componentes no estructurales es bajo.
- NPD Amenaza: incluye importante daño en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los grandes y pesados elementos que pongan en peligro a grupos de personas. El peligro a la vida por los daños en componentes no estructurales es alto.

Para obtener el nivel de desempeño de la edificación, se realiza una matriz, donde se colocarán los desempeños no estructurales como filas, y los desempeños estructurales como columnas, considerando el desempeño la celda donde se unan ambos desempeños.

En la actualidad no existe un nivel de desempeño específico en ninguno de los códigos que rigen las estructuras en México, ya que en ellos se especifica una fuerza sísmica mínima de resistencia y detallan los requisitos de las estructuras, pero no considera de manera implícita un desempeño sísmico deseado en el reglamento de construcciones de la Ciudad de México ni tampoco en las normas técnicas complementarias.

Sin embargo, el consejo de tecnología aplicada (ATC por sus siglas en inglés), realizó para la FEMA (Federal Emergency Management Agency) un estudio para determinar los pasos necesarios para crear un buen análisis sísmico por desempeño, dicho estudio fue publicado por la misma FEMA en 2009, que narra el proceso siguiente: (FEMA P695, 2009)

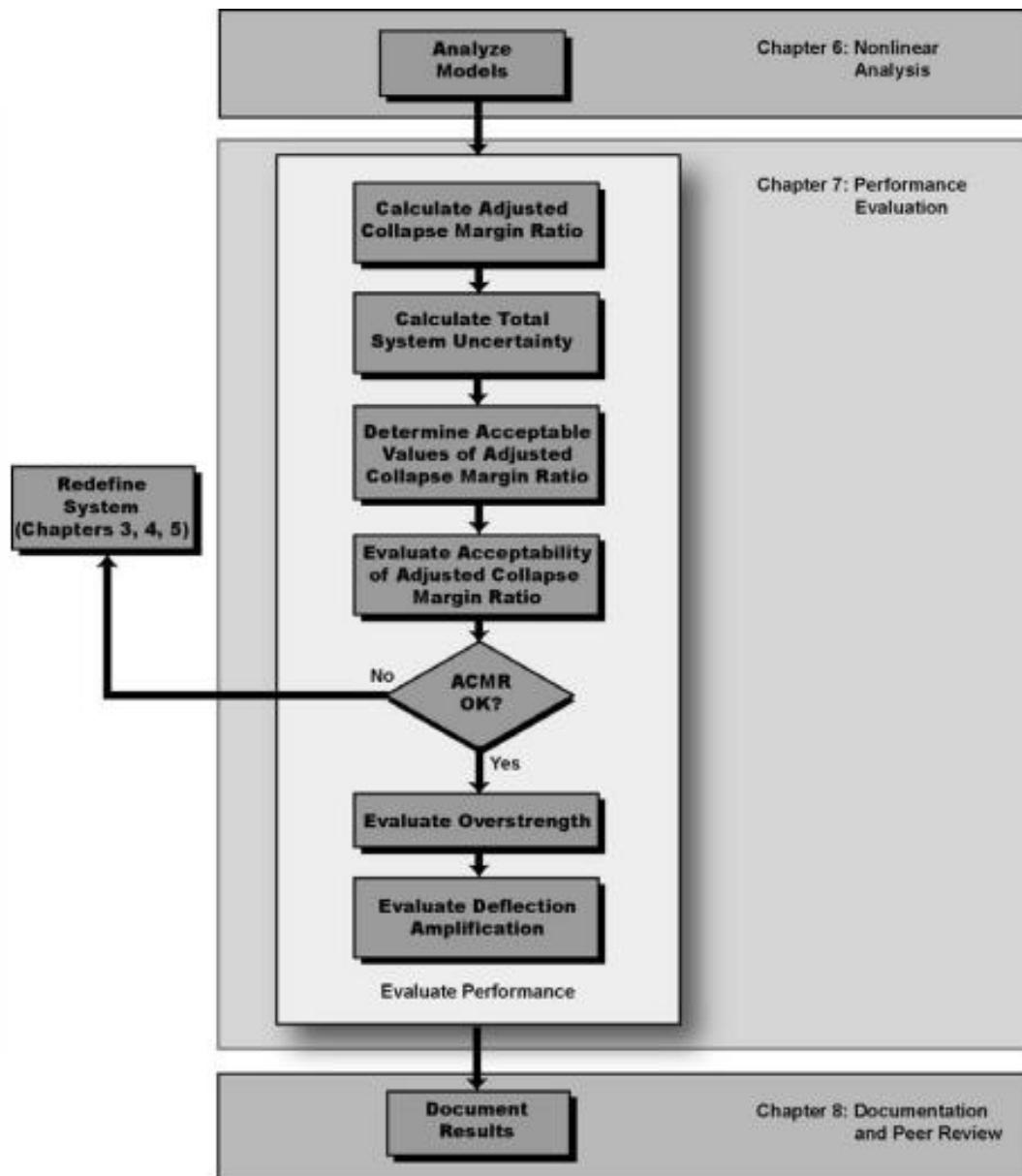


Figura 1 Proceso para evaluar el desempeño de una estructura Fuente: FEMA P695, 2009.

- Obtener los valores calculados de sobre resistencia del sistema, Ω , la ductilidad del periodo fundamental, μ_T , y el índice de margen de colapso, CMR por sus siglas en inglés, para cada arquetipo de entrada, dichos arquetipos deben encontrarse mediante análisis no lineales de la estructura.
- Calcular el índice de margen de colapso ajustado, ACMR por sus siglas en inglés, para cada arquetipo, usando el factor de forma espectral, SSF, el cual depende del periodo fundamental, T, y la ductilidad del periodo fundamental, μ_T .
- Calcular la incertidumbre de colapso total del sistema, β_{TOT} , basado en el índice de calidad de requerimientos de diseño y los datos de prueba, así como el índice de calidad de los modelos de arquetipo de entrada.
- Determinar si los valores ACMR son aceptables para $ACMR_{10\%}$, y $ACMR_{20\%}$, respectivamente, basando el cálculo en la incertidumbre de colapso total del sistema, β_{TOT} .
- Evaluar si el ACMR para cada arquetipo y valores promedio del ACMR para cada grupo de desempeño de arquetipo, tiene valores aceptables.
- Evaluar el factor de sobre resistencia del sistema, Ω_0 .
- Evaluar el factor de amplificación de desplazamiento, C_Φ .

Es importante recalcar que si en las evaluaciones del índice de margen de colapso ajustado, no se encuentran valores aceptables, será necesario reconsiderar el diseño estudiado, como se muestra en la figura uno.

Para hacer el análisis no lineal marcado en el proceso, será necesario determinar los niveles de demanda sísmica que actuarán sobre el elemento estudiado, en el ATC-40, podemos encontrar la información contenida en la tabla uno.

Tabla 1 Niveles de demanda sísmica

<i>Movimiento sísmico de diseño</i>	<i>Periodo de retorno, años</i>	<i>Probabilidad de excedencia, %</i>
<i>Frecuente</i>	43	50 en 30 años
<i>Ocasional</i>	72	50 en 50 años
<i>Raro</i>	475	10 en 50 años
<i>Muy raro</i>	970	10 en 100 años

Todos estos factores permitirán el análisis por desempeño de una estructura afectada por excitaciones sísmicas, dicho análisis otorgará como resultado de salida, gráficas muy similares a las de esfuerzo-deformación, donde podremos encontrar en los puntos de inflexión los estados límite o niveles de desempeño estudiados.

2.2 Análisis Pushover

Se puede entender, en general, que la resistencia y capacidad de deformación de cada uno de los elementos individuales de una estructura servirán para determinar la capacidad total de esta. Dicha capacidad puede buscarse a través de métodos no lineales de análisis, de entre los mejor posicionados se puede observar el método de pushover, que logra aproximar el análisis al comportamiento de las curvas esfuerzo-deformación, altamente conocidas en la mecánica de materiales de la ingeniería civil.

“El análisis Pushover es el nombre común para el tipo de procedimiento que usa análisis estático no lineal simplificado” (Estêvão y Olivieri, 2015), donde se considera que una estructura es afectada tanto por desplazamientos laterales creados por modelos de cargas que se ven incrementadas ya sea con un comportamiento elástico o inelástico de manera continua, como por la carga gravitacional de la estructura misma, hasta llegar a una condición límite previamente establecida.

“El análisis estático Pushover se está convirtiendo en una popular herramienta de evaluación de desempeño sísmico para estructuras construidas y por construir, la expectativa es que, el análisis pushover proveerá información adecuada sobre las demandas sísmicas provocadas

por el movimiento del sistema estructural y de sus componentes” (Krawinkler y Seneviratna, 1997) Esto se debe a que, aunque el método es complejo por sí solo, permite simplificar muchos parámetros y variables que complican el análisis estructural; además de que los resultados dan la oportunidad de ser retrabajados y a la larga, pueden permitir diseños óptimos, estructuralmente hablando, además los resultados obtenidos por Isik y Özdemir en 2017, comprueban que este análisis puede ser usado para diseñar acero de una manera estructural, material que es el principal en este estudio.

Tal vez la desventaja más grande de este método es el hecho de que se tiene que crear un modelo que ejemplifique de la mejor manera el comportamiento de la estructura analizada, lo cual puede acarrear errores provocados por la falta de entendimiento de la estructura o la nula información de las fuerzas que sobre ella actúen.

2.3 Curvas esfuerzo-deformación

Las curvas esfuerzo deformación, son una excelente representación del comportamiento de un material cuando este es sometido a una fuerza deformadora. El esfuerzo se define como la magnitud de fuerza a la que está sometido un objeto por unidad de área, mientras que la deformación es el cambio que sufre en su forma un material sometido a un esfuerzo.

Este diagrama resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación observada en el mismo, en un rango de tiempo dado, dando como resultado varios puntos clave para su análisis, representados en la figura 2, tales como:

- Límite de proporcionalidad
- Límite elástico.
- Esfuerzo de fluencia
- Esfuerzo ultimo
- Esfuerzo de fractura.

De la misma manera, se aprecia en el diagrama las 2 regiones, elástica y plástica, así como 4 zonas entre las que se encuentran, la zona elástica, la zona de cedencia, la zona de endurecimiento por deformación, y la zona de falla.

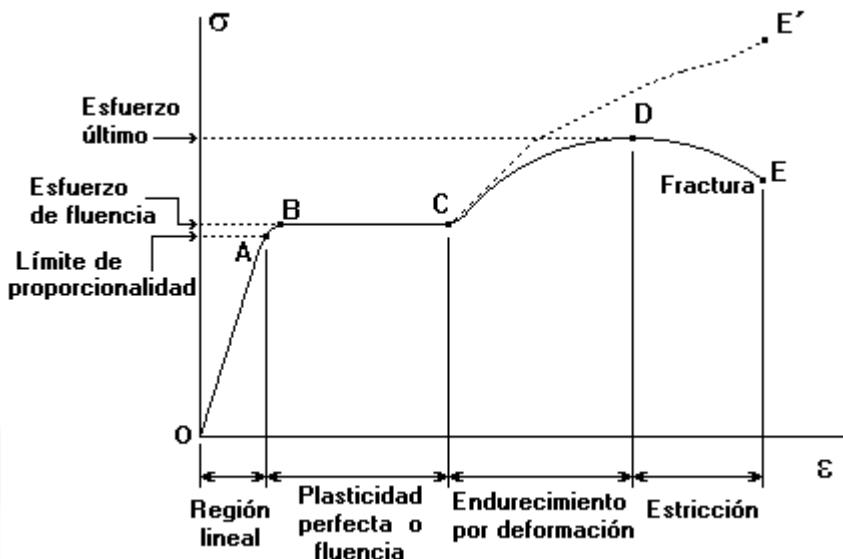


Figura 2 Curva esfuerzo-deformación idealizada Uribe-Vargas et al (2019)

2.4 Subsistencia.

Se puede definir a la subsistencia como un asentamiento del terreno, normalmente gradual, pocas veces repentino, debido al movimiento subterráneo de los materiales que lo conforman, sus causas pueden ser naturales, como el tectonismo y el vulcanismo, o antrópicas, como la extracción excesiva de agua del suelo.

La subsistencia por sí sola no es fuente de riesgo para las construcciones en la actualidad, a menos que se vea conformada por asentamientos diferenciales, es decir, que el terreno donde la estructura está cimentada, tenga desplazamientos diferentes, lo que genera fisuras y agrietamientos en elementos tales como; muros, columnas, losas entre otros.

En el valle de Aguascalientes los asentamientos diferenciales representan uno de los riesgos más importantes para las construcciones que en él se cimentan, ya que no existen muchos sismos, y las corrientes de aire no tienen velocidades muy altas ya que, por la localización geográfica del valle, fenómenos como huracanes, tifones o tornados, son prácticamente nulos.

Sin embargo, el clima semiárido de la región es un factor importante en la extracción excesiva de agua subterránea, lo que causa que las fallas existentes se reactiven y sean causa propicia de la subsistencia en el valle.

En Burbey (2002) determino las condiciones que favorecen la deformación del suelo por la ocurrencia de subsidencia, entre los cuales podemos encontrar:

- Clima árido o semi árido
- Extracción de grandes cantidades de agua del subsuelo, ocasionando descensos importantes en el nivel de agua.
- Espesor considerable de capas compresibles acumuladas
- Una distribución variable de capas compresibles.
- Variabilidad de los índices de compresión granular
- Existencia de estructuras discontinuas como las fallas prebombeo que permiten acumulación de estrías.

La mayoría de estas condiciones se encuentran en el valle de Aguascalientes, por lo que es lógico aceptar que la subsidencia, es un fenómeno que afecta las edificaciones en el estado. Es importante recalcar que la población del estado ha tenido un crecimiento quasi logarítmico en menos de 50 años, pasando de 338.1 mil habitantes en 1970 a 1312.5 mil habitantes en 2015 (INEGI, 2015) lo anterior representa un crecimiento de prácticamente el 400%.

Esto por si solo representa un grave problema en el desarrollo de la ciudad, pues a mayor número de habitantes, es necesaria una mayor industria, una mayor agricultura, y mayores construcciones habitacionales, ya sea de carácter vertical u horizontal, para los tres elementos de la sociedad moderna mencionados, es bien sabido que tienen en el agua, uno de sus factores más importantes.

En 2003 el gobierno del estado a través de Veolia, otrora CCAPAMA, realizó un estudio sobre el agua en el estado, cuyos resultados fueron retomados por Esquivel, Zermeño y Arellano en 2004, para representar la problemática del agua en Aguascalientes, entre los datos más importantes podemos encontrar que la extracción anual en el estado en millones de metros cúbicos es de 547, mientras que la recarga de los mantos en esa misma unidad es de 300, prácticamente el doble. Se demostró también, que el desperdicio de la red es de 40% y que para asegurar un abasto para la población el consumo diario per cápita debería reducirse a la mitad.

Es por ello por lo que el nivel del agua en el estado ha ido disminuyendo año con año, provocando que el fenómeno de subsidencia se presente con mayor facilidad, y con afectaciones

mayores a las edificaciones. Lamentablemente las estructuras se han visto severamente afectadas, causando costos de reparación excesivos, además, “no existen estudios que cuantifiquen las pérdidas económicas inherentes a los daños causados por subsidencia inducida por extracción de agua subterránea” (Pacheco et al, 2013).

De acuerdo con los datos de 2009 del sistema de fallas geológicas y grietas, desarrollada por el gobierno del estado de Aguascalientes, existen;

- 207 discontinuidades (entre fallas y grietas)
- 322 km de largo acumulado y 900 km² de área afectada
- 1820 propiedades de tierra afectadas
- 1432 dentro de la ciudad de Aguascalientes.

Los mecanismos de falla (Pacheco et al, 2013) del valle de Aguascalientes son muy similares a otras cuencas geológicamente parecidas en Estados Unidos y México.

- Primero aparecen pequeños agujeros alineados en la superficie.
- Poco a poco estos agujeros crecen y terminan uniéndose.
- Se forman fallas lineales y continuas bien definidas.
- Los procesos de erosión y subsidencia pueden aumentar el largo y espesor de las fallas en cuestión.

Este problema es alarmante para el estado, por tanto, se han buscado nuevas formas de realizar análisis estructural en elementos que puedan ser afectados por el fenómeno de subsidencia, ya que la mayoría de las veces se observan las afectaciones de este, hasta la aparición de fisuras y agrietamientos en los inmuebles.

2.5 Confiabilidad Estructural.

La confiabilidad de una estructura puede definirse como la probabilidad de que la estructura en cuestión no sufra falla alguna, considerando un estado límite preestablecido bajo solicitudes externas, se debe garantizar que la resistencia sea suficiente para soportar la carga máxima que pueda ser aplicada.

Tradicionalmente la confiabilidad será una medida más real en términos de probabilidades, donde se podrían definir dos variables aleatorias:

X= Capacidad.

Y= Demanda.

“Se tiene entonces que el objetivo del análisis de confiabilidad es asegurar que el evento ($X > Y$) se presente siempre” (Canto y Alamilla, 2015).

El estudio de las estructuras mediante la confiabilidad estructural es un método que ha ido creciendo en uso y aceptación en los últimos años, ya que puede aplicarse a diferentes tipos de edificaciones y materiales obteniendo resultados de gran utilidad.

Sin embargo, al ser un modelo probabilístico, en el marco de la teoría de la confiabilidad estructural Armen Der Kiureghian define tres tipos de incertidumbre de gran importancia para el estudio.

- Las físicas están asociadas a las variables del análisis estructural, las cargas, la geometría del elemento y las propiedades de los materiales.
- Las estadísticas dependen de la cantidad de datos utilizados para el análisis, es claro que a mayor cantidad de datos los errores de ajuste se reducen, además, el modelo matemático usado para ajustar los datos tiene una gran relevancia, ya que podría suceder que el punto de colapso se encuentre dentro de alguna de las colas de distribución donde los datos son menos y la probabilidad de falla del modelo matemático es mayor.
- La incertidumbre del modelo está relacionada a las simplificaciones realizadas, por experiencia o por desconocimiento, además de los efectos desconocidos de otras variables no consideradas.

Es de suma importancia contar con un modelo que explique de la mejor manera la vida y comportamiento de una estructura, buscando siempre que se ajuste fielmente a los datos proporcionados por la simulación.

2.6 Movimiento Browniano.

El movimiento browniano fue identificado por primera vez por el botánico Robert Brown (1828) en su artículo, “Un breve reporte sobre observaciones microscópicas de partículas contenidas en el polen de las plantas”, en dicho artículo, el científico expresa que, al observar granos de polen bajo el telescopio, se dio cuenta que presentaban un movimiento sin rumbo fijo, que no se detenía.

Esta explicación fue retomada por la física, la cual generó un proceso estocástico, también conocido como proceso de Wiener, desde entonces, este proceso ha sido de beneficio para hacer estudios sobre los niveles de precios en las bolsas de valores y mecánica cuántica, entre muchas otras aplicaciones.

La primera explicación de este fenómeno fue expuesta por Albert Einstein en 1905, él explicó, que dicho movimiento se debía a que las partículas del medio que contenían a las moléculas observadas golpeaban continuamente unas con otras, provocando este movimiento caótico.

Después de una serie de investigaciones desde entonces, una de las más importantes es la realizada por Wiener en 1918 se puede definir el movimiento browniano como un proceso estocástico que cumple las siguientes propiedades:

- $X(0) = 0$
- $(X(t), t \geq 0)$ tiene incrementos estacionarios e independientes.
- Por cada $t > 0$, $X(t)$ tiene una distribución normal con media 0 y varianza a^2t (Ross, 1997)

Este proceso se considera, además, con deriva, si el tercer punto de la definición anterior tiene que:

- $X(t)$ tiene una distribución normal con media μt y varianza $t\sigma^2$.

Capítulo 3. Metodología de la investigación

El enfoque metodológico a usarse en esta investigación es el cuantitativo, ya que el principal objetivo es comprobar que, al analizar, usando el método por desempeño, estructuras afectadas por la subsidencia, se pueden obtener resultados confiables, para llegar a dicho procedimiento, nos apoyaremos en experimentos e información existente o simulada por el autor.

3.1 Hipótesis

El método de análisis por desempeño desde una perspectiva probabilística permitirá optimizar el análisis de estructuras afectadas por subsidencia, que, a su vez, creará una mejora al momento de realizar el diseño estructural en elementos de tipo marco rígido.

3.2 Variables

Tomando como base los objetivos clave de esta investigación se define una variable dependiente principal que será la viabilidad de los resultados obtenidos, siendo esta, del tipo continuo, de razón.

Para obtener la variable principal, será importante definir también las variables secundarias, independientes; siendo todas ellas del tipo continuo, de razón.

Las variables independientes serán, La certeza de los resultados, el tiempo utilizado en el análisis, y la facilidad al momento de aplicar este tipo de análisis.

3.3 Alcances

El alcance de la investigación será del tipo explicativo ya que se pretende demostrar que los resultados obtenidos mediante la aplicación del método por desempeño sean viables, para ello se realizaran diferentes tipos de pruebas en elementos de características conocidas para formar una base de datos que permita aplicar la probabilidad en este tipo de estudios.

Cabe aclarar que, para llegar a la parte explicativa de la investigación, será necesario primero realizar estudios del tipo exploratorio, descriptivo y de correlación sobre todo porque no hay mucha información conjunta de los tres temas más importantes, el método por desempeño, la subsidencia, y la confiabilidad estructural, aunque por separado hay mucha información por revisar.

3.4 Diseño de la investigación.

Se generarán diferentes modelos numéricos usando el software SAP 2000 ® para estudiarlos mediante el método de análisis no lineal push-over, esto con la finalidad de entender el comportamiento de los modelos y dominar el manejo del programa, cuando estas expectativas se cumplan se procederá a realizar análisis pull-down, que serían los que mejor se adaptarían al fenómeno de la subsidencia en las estructuras.

Con diversos modelos realizados, se aplicará un análisis usando el método por desempeño, obteniendo valores varios, que serán registrados en tablas para conjuntar los datos.

Al obtener las matrices de resultados, se procederá a desarrollar un modelo estadístico que permita determinar el valor esperado de distorsión angular en el que se alcanzarán los diferentes niveles de desempeño estudiados.

Conociendo los valores esperados, se procede a desarrollar diferentes curvas de desempeño que pueden definirse como curvas de probabilidad, las cuales serán afectadas por el tiempo en el cual el marco alcanzaría ciertos desplazamientos, basándose en velocidades de hundimiento variables mediante la simulación por medio de un proceso de Wiener con deriva.

3.5 Objeto de estudio.

Se analizarán elementos estructurales de tipo marco rígido, afectados por el fenómeno de la subsidencia, se manejarán usando material tipo acero, variando los perfiles utilizados en cada uno de los marcos.

3.6 Análisis de los datos.

Para modelar y analizar los elementos, utilizaremos el software SAP 2000® mientras que, para guardar y posteriormente darle un tratamiento a los datos obtenidos, nos apoyaremos de la herramienta de Office Excel ®, así como del software R®

Capítulo 4. Marco Teórico.

4.1 Reglamentación americana.

4.1.1 FEMA

Como se expresó en el capítulo de revisión del estado del arte, los ingenieros estadounidenses son de los más avanzados en cuanto a diseño por desempeño se refiere, ya que como lo explica FEMA en 1996 (FEMA 283) “Los terremotos son un problema nacional, no solo un problema regional”.

Es precisamente esta organización, quien, a manera de recomendación, no puede considerarse una reglamentación, inició con la creación y desarrollo de FEMA-58, publicada por primera vez en 2012, y que en el pasado 2018, presentó ya 7 volúmenes de esta, que se resumen brevemente a continuación.

Volumen 1: Metodología; se expresan los pasos a seguir para llevar a cabo un buen diseño sísmico por desempeño.

Volumen 2: Guía de implementación; un pequeño manual para llevar de la teoría a la práctica el diseño por desempeño.

Volumen 3: Materiales de apoyo electrónico y documentación previa; se otorgan en este volumen diferentes alternativas de apoyo digitales para un mejor uso de la metodología.

Volumen 4: Metodología para la evaluación del impacto ambiental; en este volumen se describe una metodología recomendada para introducir la evaluación del impacto ambiental, entre otras consecuencias provocadas por la reparación de daños en edificios afectados por movimientos sísmicos.

Volumen 5: Expectativa de desempeño para edificios dentro de la reglamentación; Volumen donde se aplica la metodología del volumen uno a ciertos arquetipos estructurales, que están diseñados de acuerdo con la reglamentación oficial, para cuantificar el posible desempeño de estos edificios, así como revisar los factores que afectan el desempeño lo cual provee una base técnica para un diseño simplificado por desempeño.

Volumen 6: Guía para el diseño por desempeño sísmico de edificios; presenta los lineamientos base para los profesionales del cálculo estructural, para emplear la metodología del volumen uno, incluyendo el proceso de diseño por desempeño sísmico, una buena elección de niveles de desempeño, la selección de sistemas de fuerzas sísmicas resistentes, elegir una buena rigidez y fuerza, y una buena evaluación final del diseño.

Volumen 7: Construyendo el desempeño necesario, una guía dentro del estado del arte de las herramientas para desempeño sísmico y su evaluación; que presenta información necesaria para poder tomar decisiones referentes al uso de un diseño por desempeño.

Si bien el método por desempeño es medular en este trabajo, solo se enfocará el análisis en el volumen 6 de FEMA-58 ya que la perspectiva probabilística, aunada a la afectación de la subsidencia en las estructuras, no permite que la metodología explicada pueda ser una referencia total para esta investigación.

En el volumen 6, se expresa que si bien al realizar un análisis estructural de cualquier elemento, se puede determinar el desempeño de dicha estructura, comúnmente los profesionales del cálculo y la construcción, la mayoría de las veces por cuestiones monetarias, deciden hacer a un lado estos parámetros y solo se interesaban en la resistencia del elemento. Pero es claro que la experiencia permitió resaltar la importancia del desempeño de los elementos estructurales y no estructurales en la construcción.

El diseño por desempeño sísmico puede ser aplicable para edificios nuevos o previamente calculados, siendo importante recalcar que estos últimos no tendrían un desempeño igual a un edificio completamente nuevo.

La mayoría de los códigos actuales requieren un cierto número de características dentro del nivel aceptable para permitir la construcción de alguna estructura, sin embargo el método por desempeño, si es bien aplicado, puede permitir al constructor no llegar a dicho nivel siempre y cuando este compruebe que el elemento alcanzará el nivel de desempeño deseado, por dar un ejemplo, en estructuras altas en zonas sísmicas, el código americano solicita la introducción de marcos de momento resistente en el perímetro de los edificios, un análisis por desempeño le permite al constructor demostrar que esos marcos son innecesarios.

Lo más importante del diseño por desempeño, no es solo aplicarlo correctamente, es decir modelando de la mejor manera todos los elementos principales del método, si no, entender y saber explicar el uso de este, ya que, de lo contrario, el permiso de construcción podría no ser entregado, pues como se comentó, ciertas características podrían quedar debajo del nivel aceptable solicitado.

Los pasos para seguir, de acuerdo con el volumen 6 de esta guía de la FEMA, de una manera muy general son los siguientes:

- Confirmar que el método por desempeño sea aceptable no solo por la entidad regulatoria competente, sino también por el cliente mismo.
- Seleccionar los objetivos de desempeño; basándose en la posibilidad de fatalidades, el costo y tiempo de reparación entre otros aspectos.
- Desarrollar un diseño preliminar de la estructura.
- Evaluar tanto la capacidad como el desempeño de todo el elemento.
- Si el desempeño cumple con los objetivos, entonces el proceso está terminado, de lo contrario es necesario revisar el diseño y repetir.

Para seleccionar el nivel de desempeño deseado deben considerarse; las fatalidades que puedan existir en caso de un desplome parcial o total del edificio, el costo de reparación de dicho desplome o incluso, la sustitución del elemento por otro de características similares en caso de desplome total, el tiempo de reparación de la estructura dañada, la capacidad de reparación de la estructura, es posible que aunque el edificio se pueda reparar, la cantidad de elementos destruidos no permitan el acceso fácil a la estructura en sí, determinar si el impacto ambiental provocado por la reconstrucción del edificio es viable.

Algunos de los arquetipos más comunes, fueron calculados para determinar su posible desempeño, información que se puede encontrar en la tabla dos.

Es importante recalcar que, al realizar un diseño por desempeño, no se puede considerar como terminado el modelo, ya que es necesaria, más allá de la comprobación del desempeño de la estructura misma, una evaluación de la capacidad del diseño, para ello es imprescindible un diseño previo de la estructura, el cual puede basarse en dos procedimientos marcados en este volumen;

- Procedimiento general: aplicable a cualquier estructura, requiere un proceso iterativo de evaluación de desempeño para variadas suposiciones de desempeño.

- Procedimiento de diseño directo: limitado a edificios con ciertos sistemas constructivos, capacidad de personas, y categoría de riesgo.

Performance Measure	Performance Expectation	
	Design EQ	MCE
Risk Category II – Office		
Repair Cost	10%	30%
Repair Time	45 days	150 days
Casualty Rate	1.0%	2.0%
Probability of Unsafe Placard	20%	40%
Repairability	95%	80%
Risk Category II – Healthcare (Medical Office Building or Laboratory)		
Repair Cost	20%	40%
Repair Time	60 days	180 days
Casualty Rate	1.0%	2.0%
Probability of Unsafe Placard	20%	40%
Repairability	85%	65%
Risk Category IV – Office (Emergency Operations Center)		
Repair Cost	5%	15%
Repair Time	30 days	75 days
Casualty Rate	0.5%	1.5%
Probability of Unsafe Placard	10%	25%
Repairability	98%	90%
Risk Category IV – Healthcare (Hospital)		
Repair Cost	10%	20%
Repair Time	45 days	100 days
Casualty Rate	0.5%	1.5%
Probability of Unsafe Placard	10%	25%
Repairability	95%	85%

Tabla 2 Expectativa de desempeño de ciertos arquetipos estructurales usando el método por desempeño de FEMA (FEMA P-58-5)

4.1.2. Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.

Como se comentó la FEMA solo hace recomendaciones, sin embargo, la reglamentación oficial la podremos tomar de la norma 41-13 (ASCE, 2014) creada por la sociedad americana de ingenieros civiles, ASCE por sus siglas en inglés, que es de hecho, la normativa que el software a usar en esta investigación toma como referencia para determinar la formación de rotulas plásticas en los elementos modelados.

El código 41-13, sustituyó a su lanzamiento, las normativas, 31-03 y 41-06, que tenían inconsistencias entre ellas, la idea primordial de este nuevo reglamento es tomar lo mejor de uno y

otro, para crear un estándar en el desarrollo, revisión y mejora de estructuras existentes o por construirse.

Uno de los datos más importantes de este código, es que maneja de manera diferente la evaluación de edificios existentes, y aquella que sea para edificios nuevos, de igual forma toma dos referencias para sismos, dependiendo de la probabilidad de ocurrencia dentro del mismo tiempo de retorno.

Los niveles de desempeño se mantuvieron prácticamente iguales, así como la necesidad de establecer objetivos de desempeño considerando tanto elementos estructurales como no estructurales, separados en dos categorías, el objetivo básico de desempeño para edificios existentes, y el objetivo básico de desempeño para estándares de edificios nuevos, esta división basada en la misma idea de que no se puede esperar un desempeño igual entre edificios con estándares de calidad nuevos y por tanto, mejores, y edificios ya existentes, calculados probablemente con una normativa diferente.

Aunque existen solamente estos dos objetivos, cada uno se subdivide por el tipo de construcción y el riesgo sísmico que los afecta, podemos apreciar las diferentes posibilidades en la tabla tres, (ASCE 41-13, 2014) en referencia al objetivo básico de desempeño para edificios existentes.

Ahora bien, es importante denotar que la tabla presenta recomendaciones de objetivos de desempeño, sin embargo, el reglamento acepta la posibilidad de aumentar o disminuir el objetivo recomendado siempre y cuando se pueda explicar la razón para hacerlo, y que esta no genere un riesgo excesivo en el desempeño de la estructura, por lo tanto, se recomienda nunca bajar el nivel, sino al contrario, subirlo.

En cuanto a los niveles de desempeño, se mantienen los tres principales, inmediata ocupación, seguridad de vida y prevención de colapso, teniendo en consideración, por supuesto, el nivel operacional y de colapso, aunque estos no pueden ser considerados como niveles de desempeño por sí solos.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

	Tier 1	Tier 2	Tier 3	
Risk Category	BSE-1E	BSE-1E	BSE-1E	BSE-2E
I & II	Life Safety Structural Performance Life Safety Nonstructural Performance (3-C)	Life Safety Structural Performance Life Safety Nonstructural Performance (3-C)	Life Safety Structural Performance Life Safety Nonstructural Performance (3-C)	Collapse Prevention Structural Performance Nonstructural Performance Not Considered (5-D)
III	See Note 1 for Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (2-B)	Damage Control Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (2-B)	Damage Control Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (2-B)	Limited Safety Structural Performance Nonstructural Performance Not Considered (4-D)
IV	Immediate Occupancy Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (1-B)	Immediate Occupancy Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (1-B)	Immediate Occupancy Structural Performance Position Retention Nonstructural Performance (1-B)	Life Safety Structural Performance Nonstructural Performance Not Considered (3-D)

Tabla 3 Objetivos de desempeño básicos para edificios existentes, tomada del código 41-13. 2014, de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles, ASCE

En cuanto al análisis, este nuevo reglamento, tiene un par de cambios significativos a los que regían las normas americanas previamente, el primero es una ampliación en el espectro de respuesta no lineal de la estructura, debido a que, con el paso de los años, la información ha ido mejorando lo cual permite un espectro óptimo y de mayor detalle.

A su vez, permite el uso de análisis lineales, que previamente habían sido prohibidos para una evaluación por desempeño, ya que las restricciones colocadas en reglamentos previos hacían prácticamente imposible tomar en consideración un análisis lineal para desempeño de estructuras.

Si bien, ya existe una norma nueva del ASCE, 41-17, 2017 donde se han hecho algunas modificaciones a lo explicado en esta investigación, la versión del software SAP 2000®, se basa en las tablas de la normativa anterior, es por eso por lo que se decide tomar como referencia.

4.2 Reglamentación mexicana.

La mayoría de la reglamentación mexicana está basada en parámetros americanos, sin embargo la experiencia de los ingenieros mexicanos contra el sismo es innegable, es por ello que sorprende no ver, en las normas técnicas complementarias de la Ciudad de México, en su versión 2017, un capítulo que haga referencia al desempeño de las estructuras, se puede encontrar sin embargo, un párrafo donde se especifica que se puede usar un método basado en el control de desplazamientos, si se comprueba su veracidad al momento de realizar el cálculo.

“Podrán usarse criterios de diseño sísmico basados en el control del desplazamiento lateral de la edificación si se demuestra, a satisfacción de la Administración, la pertinencia de la metodología de diseño utilizada. Lo anterior requerirá del planteamiento de criterios basados en el análisis dinámico no lineal paso a paso de la respuesta sísmica, que establezcan con claridad los valores aceptables de los desplazamientos laterales y del daño estructural para el sismo de diseño. Estos análisis se realizarán con los criterios y procedimientos establecidos en la sección 6.2” (NTC-17, 2017)

Aunque el análisis por desempeño no puede ser considerado estrictamente, como un análisis basado en control de desplazamientos, este párrafo da la pauta para poder utilizar este tipo de estudio, si se demuestra que los resultados son veraces y confiables.

4.3 Análisis Push-Over.

Para realizar el análisis push-over, se realiza un modelado de una estructura en el software SAP 2000®, es importante remarcar que los apoyos deben estar empotrados y el único caso de carga que servirá, será el de carga muerta, habiendo desde un inicio, especificado las secciones de cada elemento.

En la figura 3 se puede apreciar la estructura modelada para la realización del análisis, es un elemento formado por 9 columnas de 3 metros de alto y 12 vigas de 6 metros de largo, lo cual convierte a la estructura en un elemento completamente regular.

Para realizar correctamente el análisis, es importante crear rotulas, o bisagras en las uniones de los elementos, las cuales permitirán revisar el comportamiento plástico en esos puntos, para evaluar el desempeño de los elementos.

Con la estructura modelada, incluyendo las secciones y las rotulas en las uniones, se procede a crear un nuevo caso de carga, del tipo no lineal, donde lo más importante será colocar la carga en la dirección y ubicación correcta, así como aplicarla con un desplazamiento conocido y guardar no solo el final del análisis, si no varios pasos intermedios para ver cómo se comporta la estructura en diferentes desplazamientos, el correcto acomodo de las características se puede apreciar en las figuras, cuatro, cinco y seis.

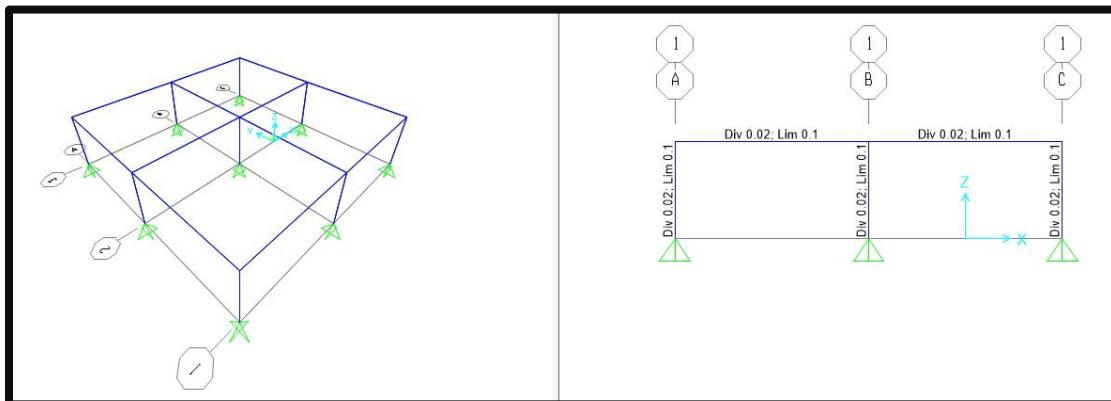


Figura 3 Ejemplo de modelado de estructuras para análisis por desempeño (SAP 2000)

Se aplica luego una fuerza en uno de sus nodos superiores, con un desplazamiento pre establecido a manera de aceleración, lo cual permite revisar el comportamiento de la estructura y la formación de rotulas plásticas, así como el comportamiento de cada una de estas.

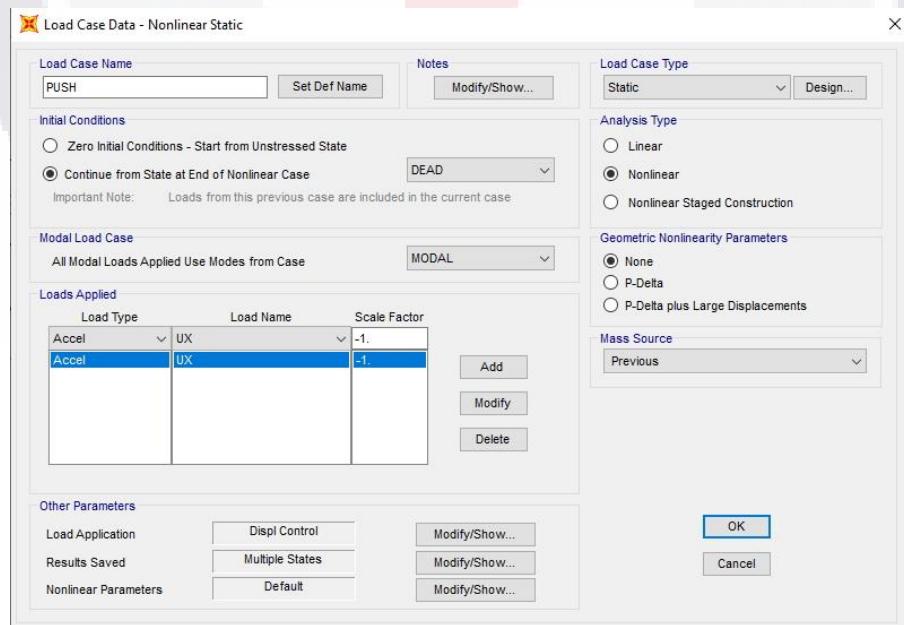


Figura 4 parámetros para creación de caso de carga Pushover (SAP 2000)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Con una variación constante en el desplazamiento, cada vez más rotulas plásticas empiezan a aparecer (fig. 7) hasta llegar a un nivel de colapso, cuando la estructura tiene varios elementos y apoyos, toma en consideración que puede existir una redistribución de cargas, por lo que no detiene el análisis cuando el primer colapso ocurre.

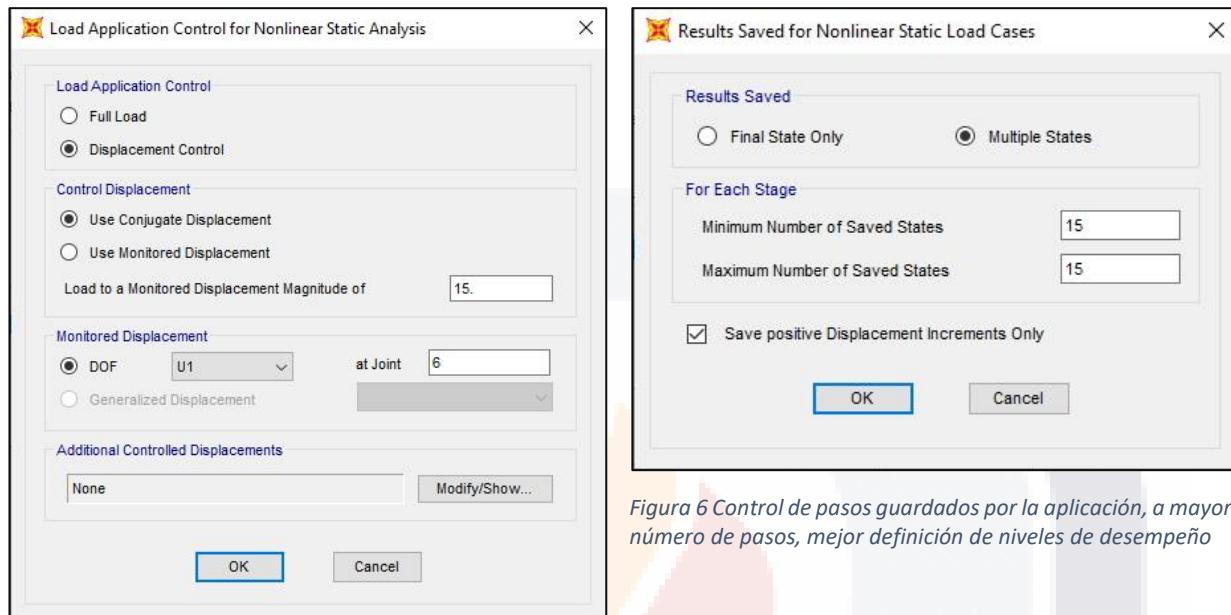


Figura 5 Control de aplicación de carga en el caso de carga Pushover (SAP 2000)

El análisis push over, continuará al revisar el comportamiento de la estructura para determinar su periodo fundamental, y revisar el desempeño de todas las rotulas en ese momento, de esa manera se sabrá si la estructura puede resistir el desplazamiento, a manera de aceleración, que se especifica al inicio del modelo.

En la figura seis, se puede apreciar los diversos niveles de desempeño que basado en la tabla 9-6 del código 41-13 (ASCE, 2014), presentan las diversas rotulas de la estructura.

Nomenclatura	Nivel de desempeño
B	Operacional
IO	Inmediata Ocupación
LS	Seguridad de Vida
CP	Prevención de Colapso
C	Colapso

Tabla 4 Niveles de desempeño importantes para el estudio

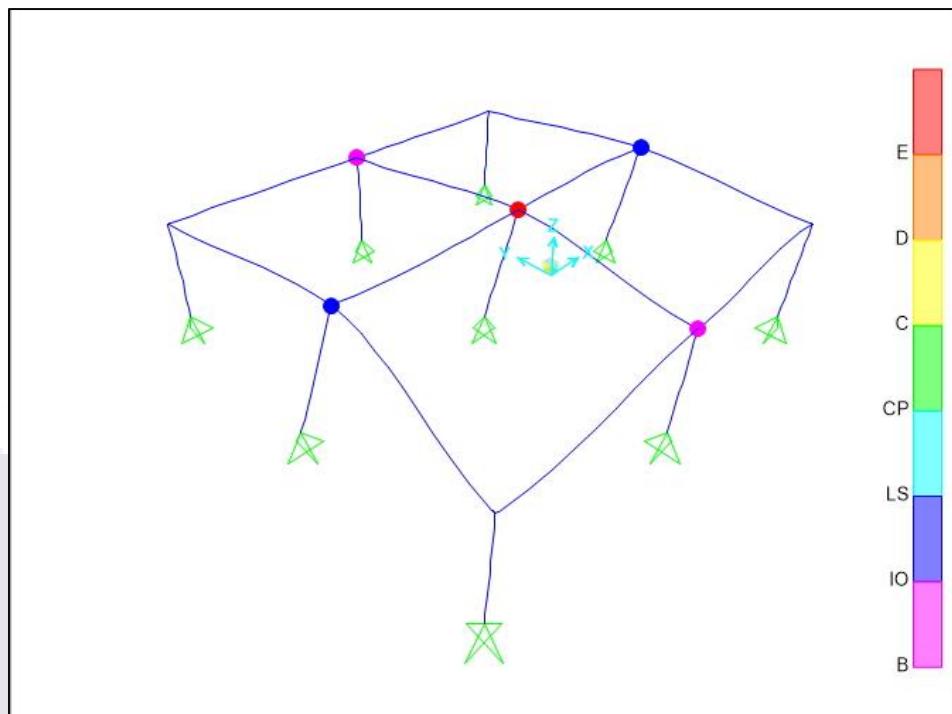


Figura 7 Rotulas plásticas formadas en la estructura modelada, la paleta de colores indica el nivel de desempeño alcanzado (SAP 2000)

4.4 Subsidencia por medio de análisis Pull-down.

El análisis pull-down se basa en la misma lógica que el push-over, son análisis estáticos no lineales, con la primordial diferencia de que el empuje es provocado en uno de sus apoyos en dirección vertical hacia abajo, lo cual permite al usuario, modelar el efecto de la subsidencia en las estructuras.

Para lograr este análisis, es importante, crear una variación vertical en él, o los apoyos a estudiar, ya que al utilizar apoyos empotados en el suelo, si el modelo no cuenta con estas variaciones el nodo no se desplaza por lo que los resultados serían erróneos, por otro lado y a diferencia del estudio realizado en 2015, por Ramírez Cortés (UAA, 2015) los empujes colocados en la estructura serán verticales con dirección hacia abajo, y no laterales en algún nudo superior como se hace en el análisis push-over, o en la investigación citada.

Aunque han pasado 4 años desde la investigación del doctor Ramírez, sigue vigente la frase usada en su documento “Cabe resaltar que actualmente se han encontrado muy pocas investigaciones enfocadas a estos tópicos por lo que el procedimiento de análisis “Pull-down”, servirá de precursor para evaluar edificaciones afectadas por subsidencia.” (Ramírez-Cortés, 2015).

4.5 Enfoque probabilístico y confiabilidad estructural.

Cuando se habla de un análisis estructural, es complicado aceptar la existencia de incertidumbre, pues lo que se pretende siempre, es lograr que las estructuras, sin importar su proceso constructivo, o su tipo de análisis, resistan o se desempeñen lo que el calculista deseé.

Sin embargo, esta incertidumbre, en la práctica, existe y lo seguirá haciendo, por el sinfín de factores que ni el calculista, ni el constructor pueden controlar.

Esta incertidumbre aparece en la calidad de los materiales, en los errores humanos tanto en la manufactura como en el montaje, aparece incluso en las mediciones realizadas, dependiendo siempre de la herramienta usada para realizar dicha medición.

Para el enfoque probabilístico, es precisamente la incertidumbre la que permitirá la creación de un modelo estadístico, cuya intención sea la de determinar la confiabilidad estructural, en términos de niveles de desempeño en las estructuras.

Para este análisis probabilístico se tomarán como base dos variables independientes y una dependiente, siendo las independientes el desplazamiento vertical y la distancia entre apoyos (que irán cambiando), mientras que la variable dependiente será la distorsión angular la cual se puede definir como:

$$\theta = \frac{\Delta}{x}$$

Donde:

Θ = Distorsión Angular (%)

Δ = Desplazamiento Vertical (cm)

x = Distancia entre apoyos (cm)

Si bien, el desplazamiento vertical, puede ser determinado como un valor fijo, la incertidumbre ya citada, permite clasificarla como una variable con distribución normal, y gracias a las leyes de la probabilidad, entonces la variable dependiente, entra dentro de esta misma distribución, tomando como media la medición real y una sigma determinado.

Capítulo 5. Campaña Experimental.

Se realiza el modelado de un marco rígido, formado por dos columnas y una viga, con apoyos empotrados como se aprecia en la figura ocho, para este primer modo de análisis, se considera una sola altura, pero la distancia entre apoyos va variando de 10 cms en 10 cms, para llegar desde los 2m hasta los 4m de separación, es decir, por cada tipo de perfiles usados, tenemos 21 marcos a analizarse.

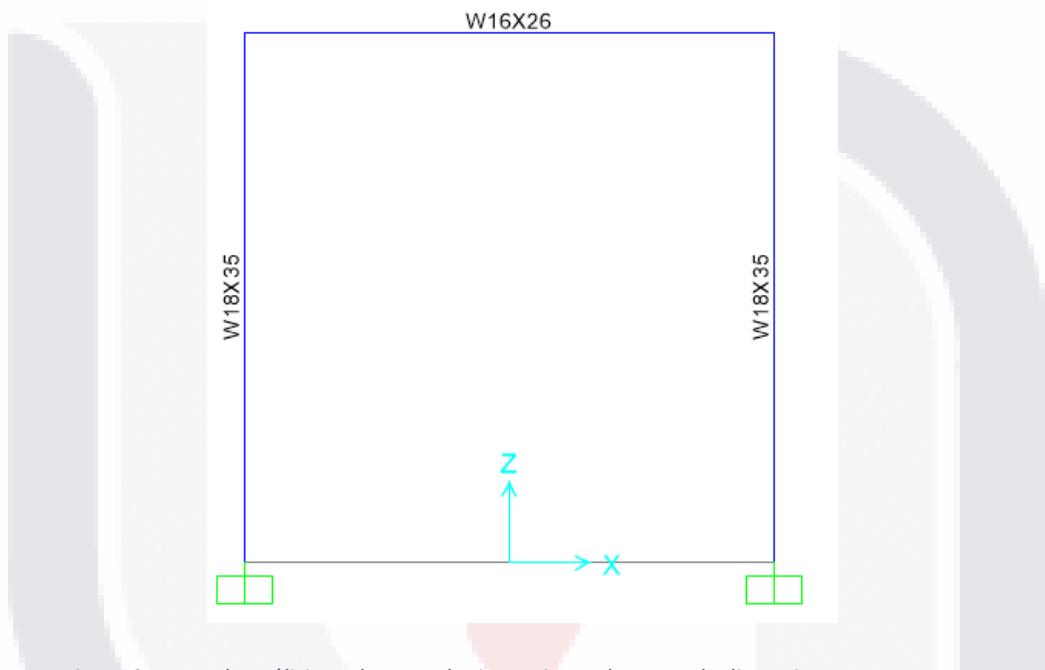


Figura 8 Marco de análisis 1, el mostrado tiene misma altura que la distancia entre sus apoyos.

Para poder realizar el análisis Pull-down, se aplica un desplazamiento, hacia abajo, de un centímetro en el apoyo derecho, es en este mismo apoyo donde la fuerza de desplazamiento controlada debe aplicarse para que el análisis sea certero.

Una vez que se modela el marco, se crean rotulas en las conexiones, para ello, es necesario incluirlas tanto en vigas como en columnas ya que de acuerdo con el código 41-13 de la ASCE, se comportarán de manera diferente, siendo importante auto dividir estos elementos para que el programa detecte las vigas y columnas que llegan a estas conexiones por separado y que no las detecte como un todo.

En este particular caso, y para crear un mayor número de datos, se crean 11 tipos de rotulas para cada uno de los marcos, la variación se expresa en términos de la curva esfuerzo-rotación, al

modificar la pendiente de su comportamiento, en la figura nueve se aprecian los parámetros para la creación de la rótula de valor medio.

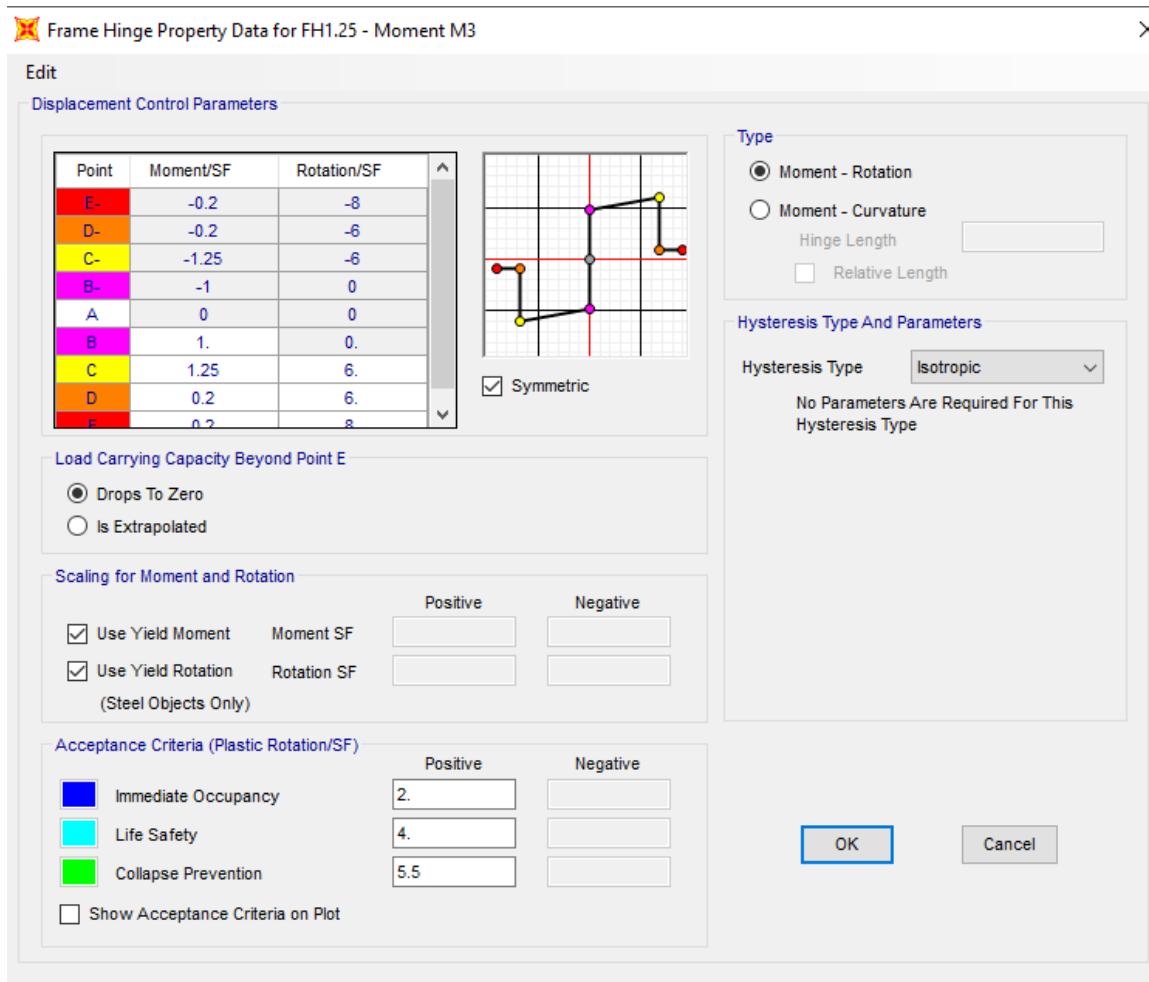


Figura 9 Ejemplo de rotula con variación en pendiente de 1 a 1.25

Con las rotulas creadas se procede a la creación de un caso de carga no lineal (fig. 10), que prosiga del caso de carga muerta, en donde se incluirá el desplazamiento controlado en el apoyo mencionado.

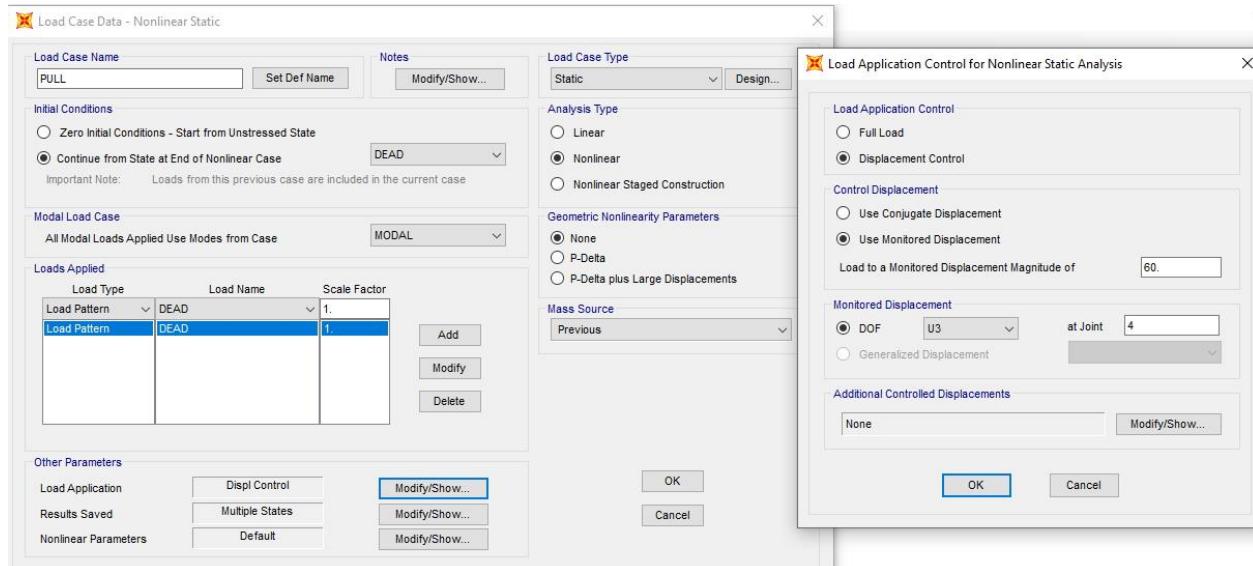
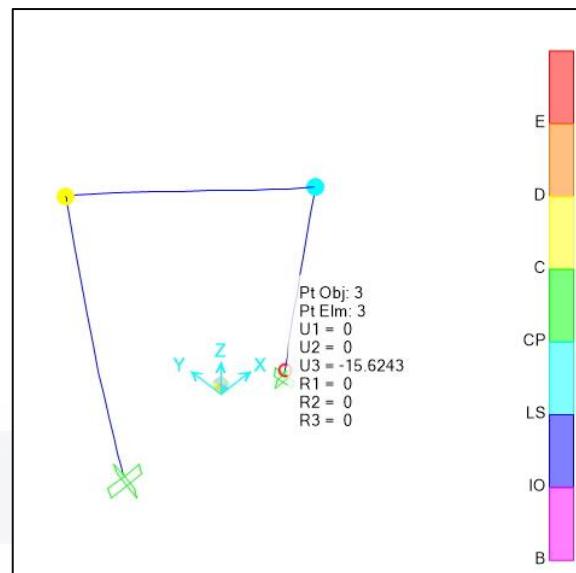
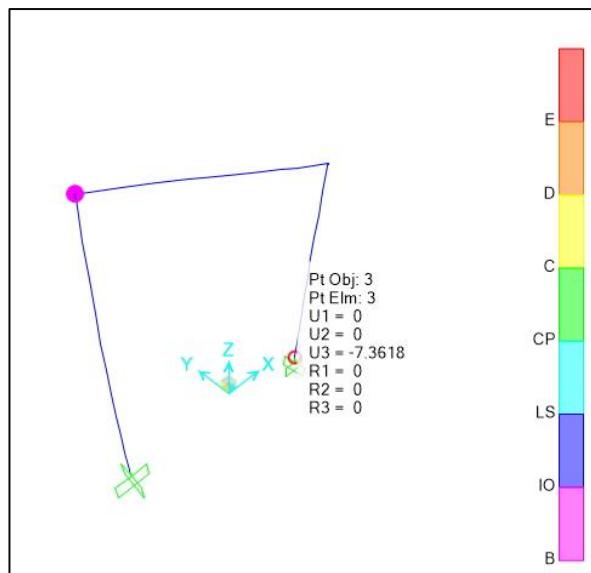


Figura 10 Representación de caso de carga PULL

Una vez realizadas estas acciones, se corre el programa y se observan los resultados paso a paso para determinar los desempeños de cada una de las rotulas, como se puede apreciar en las figuras 11 y 12.

Cuando se termina la evaluación del marco modelado, se procede a crear una tabla en donde se registran los desplazamientos de cada paso, la distancia entre apoyos, estos dos datos para el cálculo de la distorsión angular, y se registra también el nivel de desempeño de cada una de las rotulas, los datos capturados se colocan en el anexo A.



Estos datos, son la base para el análisis probabilístico a efectuarse, para determinar un modelo estadístico que permita predecir el valor esperado de la distorsión angular al cual, un marco con estas características y con un determinado valor de separación entre apoyos y pendiente en la gráfica de esfuerzo-rotación de la rótula, alcanzará los diferentes niveles de desempeño.

En la figura 14 y 15, es posible apreciar el comportamiento de un marco con respecto a las 2 variables a las que ha sido sometido, la distancia entre apoyos y la pendiente en el comportamiento de la curva esfuerzo-rotación, respectivamente, si bien su comportamiento es lineal, también se puede notar que existen ciertas variaciones que el software mismo va generando en cada una de las simulaciones.

Modelo de regresión múltiple:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \epsilon$$

En esta tesis:

$$\text{Distorsión} = b_0 + b_1 * \text{distancia} + b_2 * \text{pendiente} + b_3 * \text{distancia} * \text{pendiente}$$

Siendo la distancia, la separación en centímetros que existe entre apoyos, y la pendiente, el segundo valor en la curva esfuerzo-rotación de la rótula, siendo el primer valor uno.

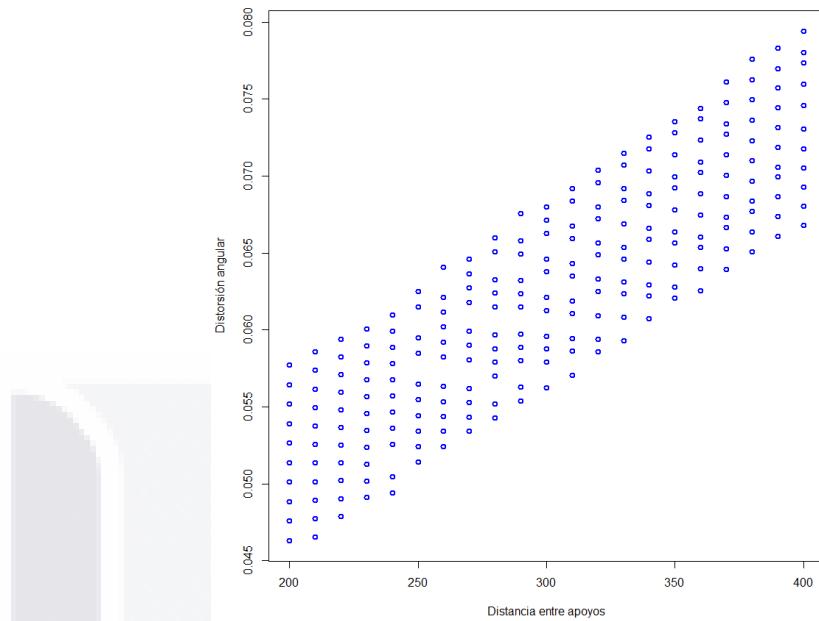


Figura 13 Grafica de comportamiento Distancia entre apoyos vs distorsión angular

Los datos recabados, se tratan con un modelo de regresión lineal simple, para poder obtener los valores de b_0 , b_1 , b_2 y b_3 cabe aclarar que este modelo funcionará solamente para valores dentro del espectro de este análisis, es decir, para separaciones que vayan de 2 metros hasta los 4 (especificadas en centímetros) y con un segundo valor de pendiente de 1 hasta 1.5.

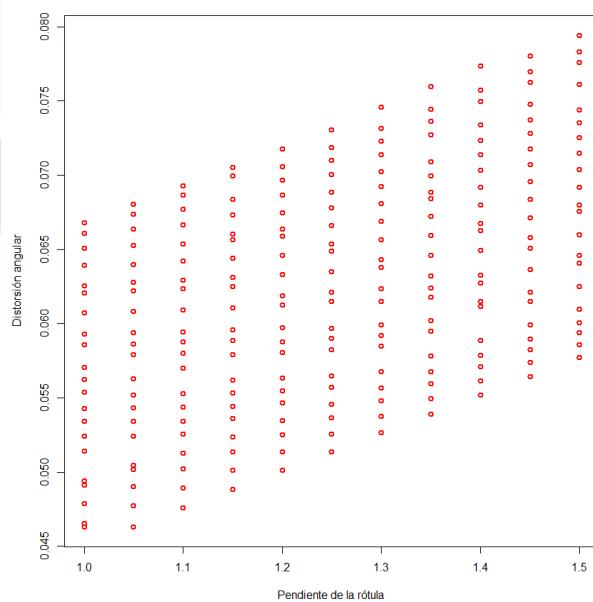


Figura 14 Gráfica de comportamiento pendiente de la rótula vs distorsión angular

Al tratarse de diferentes niveles de desempeño, los cuales se nombran umbrales en la teoría estadística, los valores para cada uno de ellos son diferentes. Además de estos valores, se expresa el valor de significancia P_r para cuantificar su injerencia en el cálculo final, mientras más cercano sea a cero, mayor su significancia.

Una vez desarrollado el modelo estadístico y comprobada su veracidad, se procede a calcular las curvas de desempeño, las distorsiones angulares se simularon a partir de un proceso de Wiener con deriva, donde se tomó como base que la distorsión está dada por:

$$\text{Distorsión} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{distancia entre apoyos}} \times 100. \quad (1)$$

Un proceso de Wiener con deriva es la suma de una función lineal y un movimiento browniano con una componente de varianza.

Sea $\{Y(t), t \geq 0\}$ un proceso a tiempo continuo sobre un espacio de probabilidad (Ω, \mathcal{F}, P) . Se dice que es un proceso de Wiener con deriva $\eta \in \mathbf{R}$ y coeficiente de difusión $\sigma > 0$, si cumple con las siguientes propiedades.

1. Inicia en cero:

$$P(Y(0) = 0) = 1$$

2. Incrementos estacionarios: para cualesquiera t y s , con $0 \leq s < t$, las variables aleatorias $\Delta Y_{ts} = Y(t) - Y(s)$ y $Y(t-s)$ tienen la misma distribución:

$$\Delta Y_{ts} = Y(t) - Y(s) = dY(t-s)$$

3. Incrementos independientes: para cualesquiera t y s , con $0 \leq s < t$, el incremento $Y(t) - Y(s)$ es independiente de la trayectoria pasada $\{Y(u): u \leq s\}$.
4. Distribución normal: para cualesquiera t y s , con $0 \leq s < t$, el incremento

$$\Delta Y_{ts} \sim N(\eta(t-s), \sigma^2(t-s))$$

5. Trayectorias cadlag: las trayectorias son casi seguramente continuas.

Por las propiedades anteriores se concluye que las distribuciones marginales del proceso son normales:

$$Y(t) \sim N(\eta t, \sigma^2 t); \quad \text{para } t \geq 0. \quad (2)$$

Otra característica que hereda el proceso de Wiener como proceso de Lévy, es la propiedad de Markov. En particular, si el proceso se observa en una colección finita de tiempos, la distribución del proceso en un tiempo futuro dependerá del último dato conocido:

$$[Y(t) | Y(t_0), \dots, Y(t_n)] \stackrel{d}{=} [Y(t) | Y(t_n)]; \quad \text{para } t \geq t_n. \quad (3)$$

En este trabajo se considera que $Y(t)$ es la distorsión angular al tiempo t .

Realizado este análisis, las curvas de fragilidad o desempeño, se obtienen como:

$$P(Y(t) \geq D | t, \text{distancia entre apoyos}) = 1 - \Phi\left(\frac{\eta t - D}{\sigma t}\right) + \exp\left(2\eta \frac{D}{\sigma^2}\right) \Phi\left(\frac{-\eta t - D}{\sigma t}\right),$$

Donde D , es el nivel de desempeño, Φ , es la función de distribución normal estándar, esta función de distribución se conoce como inversa Gaussiana.

Para estas curvas de desempeño, se genera una variación en la velocidad de hundimiento a la que es sometido el marco, en función del tiempo en años, considerando un hundimiento base de 0.8 cms/año una velocidad muy conservadora, considerando que Zermeño et al (2004) encontraron hundimientos por subsidencia en la ciudad de Aguascalientes en un rango desde 2 hasta 18 cms, con tendencia a aumentar al poniente de la ciudad.

Utilizando el proceso de Weiner con deriva, se simularon varios comportamientos de hundimiento con respecto al tiempo, se puede revisar la variación entre cada simulación y en los puntos donde cruzan los umbrales de cada nivel de desempeño, son precisamente estos puntos de choque, los que permitieron crear las curvas de desempeño, donde se hace la comparación de probabilidad de aparición de cada nivel de desempeño en una serie de tiempo en años.

Capítulo 6. Análisis de resultados

6.1 Marco con COL 18-35 TRABE 16-26

Las características físicas del marco se pueden revisar en la tabla cinco, estos datos son importantes para el análisis ya que nos permiten revisar más a fondo el comportamiento de los marcos al llegar a los distintos niveles de desempeño.

ALTURA	300
MATERIAL	ACERO
TIPO	FY50
PERFIL	TIPO I
DESPL. INICIALES	1
P. COL	W18*35
I _x	21228
AREA	66.5
P. TRABE	W16*26
I _x	12529
AREA	49.6

Tabla 5 características físicas del primer marco.

Como se había comentado, para cada uno de los marcos existen 21 separaciones entre apoyos diferentes, así como 11 variaciones en las rotulas de las pendientes, por lo que en total para cada uno de se realizaron 231 simulaciones. De las 21 separaciones se registraron los datos como se muestran en la tabla seis, pudiendo obtener con ellos también, una gráfica como la de la figura 15 que representara de una manera más sencilla los resultados y comportamientos de este.

COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS		300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838
DIST ANGULAR	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%
IO	-11.1228	-11.3737	-11.3745	-11.6254	-11.6262	-11.8771	-11.8779	-12.1288	-12.1295	-12.3804	-12.3810
DIST ANGULAR	-3.71%	-3.79%	-3.79%	-3.88%	-3.88%	-3.96%	-3.96%	-4.04%	-4.04%	-4.13%	-4.13%
LS	-14.3718	-14.6233	-14.8748	-15.1263	-15.3778	-15.8794	-16.1309	-16.3824	-16.6338	-16.8853	-17.1367
DIST ANGULAR	-4.79%	-4.87%	-4.96%	-5.04%	-5.13%	-5.29%	-5.38%	-5.46%	-5.54%	-5.63%	-5.71%
CP	-16.8710	-17.3730	-17.6251	-17.8770	-18.3791	-18.6310	-19.1330	-19.3849	-19.8870	-20.1388	-20.3906
DIST ANGULAR	-5.62%	-5.79%	-5.88%	-5.96%	-6.13%	-6.21%	-6.38%	-6.46%	-6.63%	-6.71%	-6.80%
C	-17.6094	-17.9977	-18.3751	-18.7757	-19.1294	-19.5538	-19.8836	-20.3319	-20.6377	-21.1100	-21.3918
DIST ANGULAR	-5.87%	-6.00%	-6.13%	-6.26%	-6.38%	-6.52%	-6.63%	-6.78%	-6.88%	-7.04%	-7.13%

Tabla 6 Resultados de la simulación para un marco cuadrado. 3m x 3m

Al revisar los datos obtenidos, se puede apreciar que existe un crecimiento lógico entre la distancia necesaria para llegar a los diferentes niveles de desempeño, con relación al crecimiento de la distancia entre apoyos, así como la variación de la pendiente de la rótula, en la figura 16, se encuentran 4 graficas en 3D que comparan la distorsión angular, la distancia entre apoyos y la pendiente de la rótula. En ella se puede percibir la estrecha relación entre las 3 variables, lo cual fue clave para determinar el tipo de modelo probabilístico que sería usado.

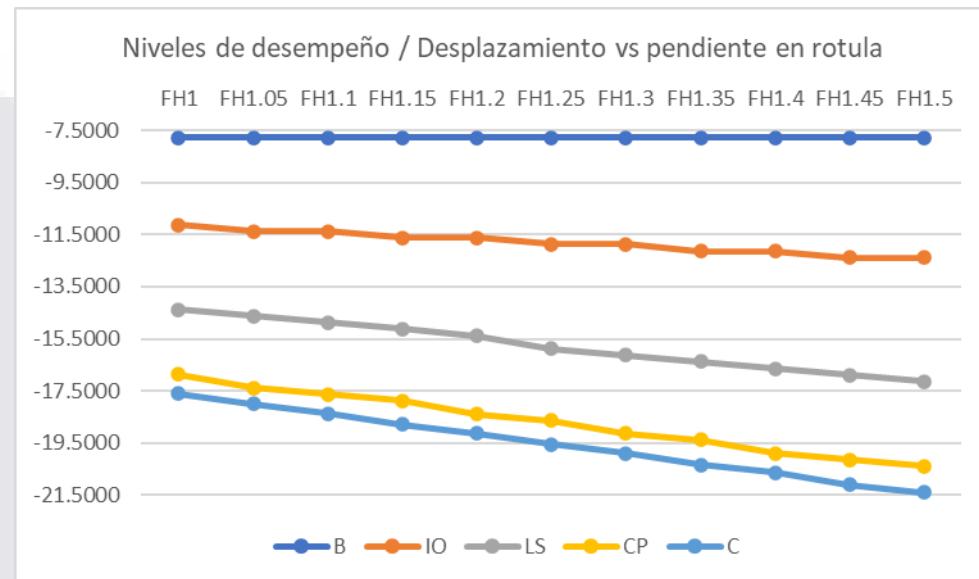


Figura 15 Gráfica de aparición de niveles de desempeño

Los resultados obtenidos del primer marco tienen mucho sentido, pues al final de cuenta se obtienen del software SAP 2000® el cual modela el aumento en el desplazamiento, así como el comportamiento y la resistencia de los materiales en un escenario no lineal idealizado.

El modelo estadístico desarrollado para este marco permite calcular los valores esperados de distorsión angular para un rango establecido de separación entre apoyos y de valor en el comportamiento de la pendiente de la gráfica esfuerzo-rotación en las rotulas, como se aprecia en la tabla siete, si bien el rango se puede considerar relativamente pequeño, este modelo nos permite aproximar los resultados sin la necesidad de modelar el marco en su totalidad.

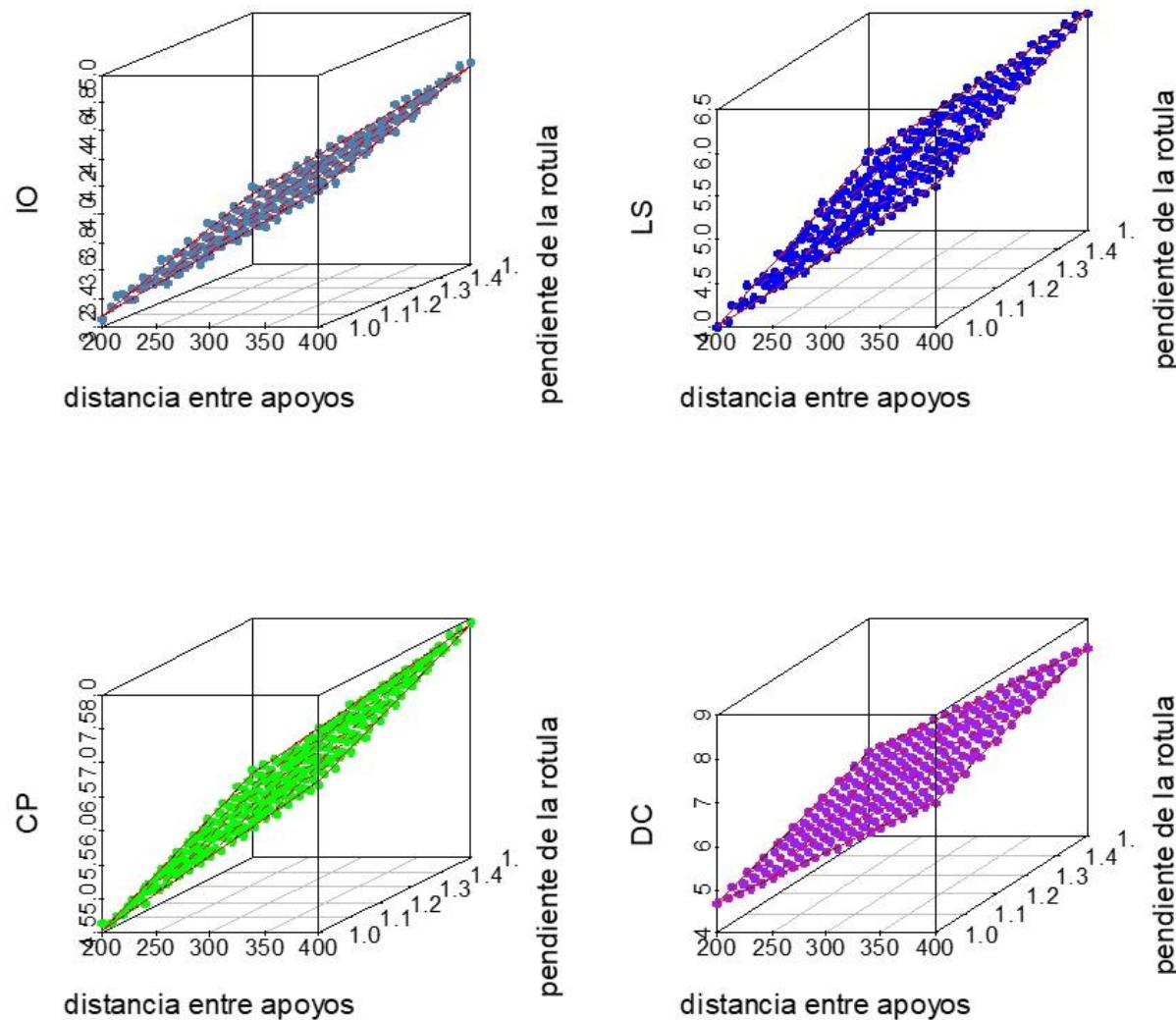


Figura 16 Gráficas 3D de comportamiento para cada nivel de desempeño

Es importante considerar que el modelo de regresión utilizado presenta un ajuste excelente, ya que para todos los niveles de desempeño los modelos estimados tienen un valor de R^2 mayor a 0.99.

Con este modelo ya se tiene realizada tanto una tabla en Excel® (tabla 7) como un modelo en el software R® que nos permite visualizar los valores esperados con un simple cambio en los dos valores de entrada solicitados, la distancia entre apoyos y la pendiente de la rótula. Esta

herramienta será la que en última instancia permita predecir el comportamiento del marco estudiado.

DIST ENTRE APOYOS	300									
PENDIENTE	1.25									
nivel de desempeño	b0	Pr	b1	Pr	b2	Pr	b3	Pr	DIST ANG (%)	HUND
IO	1.7135	0.00	0.0038	0.00	0.6908	0.00	0.0006	0.00	3.94	11.83
LS	0.9278	0.00	0.0072	0.00	1.4875	0.00	0.0008	0.00	5.25	15.75
CP	0.2912	0.00	0.0099	0.00	2.1319	0.00	0.0008	0.00	6.23	18.69
C	0.1129	0.01	0.0105	0.00	2.2645	0.00	0.0011	0.00	6.50	19.51

Tabla 7 Tabla de valores esperados para un marco cuadrado con rotula 1.25

Una vez calculados los umbrales se procede al modelado y simulación de subsidencia en el terreno con el proceso de Wiener con deriva arriba descrito. Con esta simulación se determina en qué rango de tiempo (años) un marco con las características ya expuestas cruzará los diferentes umbrales de desempeño.

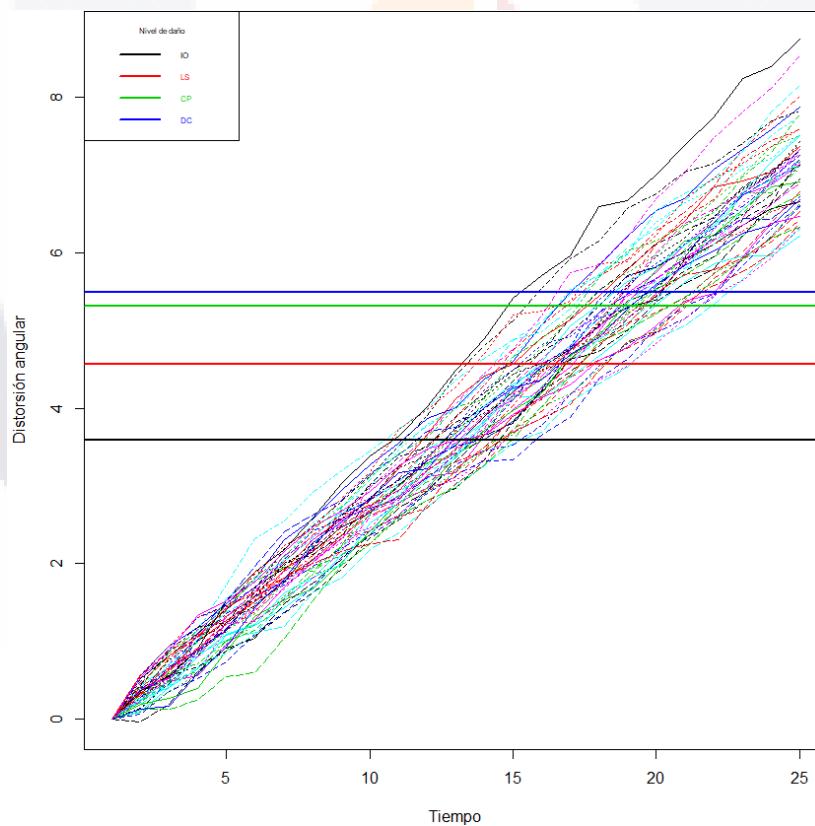


Figura 17 Iteraciones de comportamiento de la velocidad de hundimiento

Con esta información, se determina entonces, la probabilidad de incidencia de los diferentes niveles de desempeño, para la creación de las curvas de confiabilidad estructural.

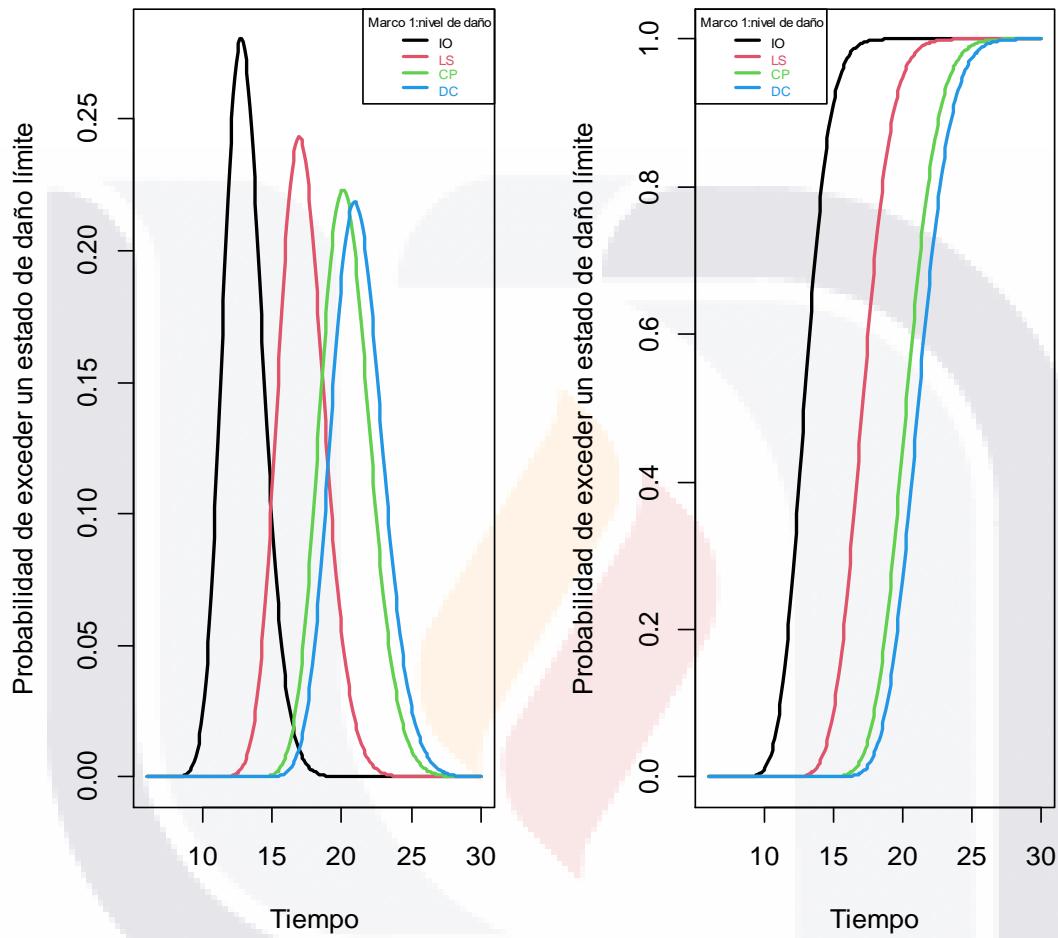


Figura 18 Curvas de desempeño, donde se presenta la probabilidad de excedencia de cada nivel de desempeño en función del tiempo

En referencia a las curvas de desempeño, lo especial de este resultado es que no solo permiten conocer la probabilidad de incidencia a través del tiempo de los niveles de desempeño para un marco establecido, si no que el modelo utilizado para su formación permite también variar la velocidad de hundimiento establecida, lo cual generará curvas de desempeño particulares para cada uno de estos escenarios.

6.2 Marco con COL 18-35 TRABE 16-26

En el segundo marco analizado, se seleccionaron perfiles más pequeños tanto para las columnas como para las trabes, sin embargo se respetó que estos nuevos perfiles tuvieran un momento de inercia similar (tabla 8), con afán de lograr una comparativa entre ambos y determinar, dependiendo de los resultados, la razón de estos.

ALTURA	300
MATERIAL	ACERO
TIPO	FY50
PERFIL	TIPO I
DESPL. INICI/	1
P. COL	W16X40
I_x	21561
AREA	76.1
P.TRABE	W14X30
I_x	12112
AREA	57.1

Tabla 8 características físicas del segundo marco.

Es importante recalcar que el momento de inercia que realmente representa importancia para el análisis por el tipo de marco estudiado, es el de la trabe, puesto que será el primer elemento en llegar a la etapa del colapso, al ser este, ligeramente menor, lo más lógico sería pensar que para llegar a los diferentes niveles de desempeño, se requeriría una distorsión angular menor, sin embargo como se aprecia en la tabla 9, que presenta los datos de la misma distancia entre apoyos que el marco anterior, resulta justo lo contrario.

COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS		300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937
DIST ANGULAR	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%
IO	-11.9441	-12.1532	-12.3624	-12.3632	-12.5723	-12.7815	-12.7822	-12.9913	-13.2005	-13.2011	-13.4103
DIST ANGULAR	-3.98%	-4.05%	-4.12%	-4.12%	-4.19%	-4.26%	-4.26%	-4.33%	-4.40%	-4.40%	-4.47%
LS	-15.6929	-15.9027	-16.1125	-16.5306	-16.7403	-16.9500	-17.3681	-17.5778	-17.7874	-18.2055	-18.4152
DIST ANGULAR	-5.23%	-5.30%	-5.37%	-5.51%	-5.58%	-5.65%	-5.79%	-5.86%	-5.93%	-6.07%	-6.14%
CP	-18.4005	-18.8190	-19.0292	-19.4477	-19.8663	-20.2848	-20.7033	-20.9133	-21.3318	-21.7503	-22.1688
DIST ANGULAR	-6.13%	-6.27%	-6.34%	-6.48%	-6.62%	-6.76%	-6.90%	-6.97%	-7.11%	-7.25%	-7.39%
C	-19.1585	-19.5722	-19.9867	-20.2812	-20.6999	-21.1185	-21.5371	-21.9557	-22.3743	-22.7929	-23.2115
DIST ANGULAR	-6.39%	-6.52%	-6.66%	-6.76%	-6.90%	-7.04%	-7.18%	-7.32%	-7.46%	-7.60%	-7.74%

Tabla 9 Resultados de la simulación para un marco cuadrado de 3m x 3m

Se puede apreciar el mismo comportamiento en los resultados obtenidos, un crecimiento prácticamente lineal conforme crece la distancia entre apoyos y la pendiente de la rótula. Se puede observar en la figura 19 que este crecimiento tiene prácticamente la misma pendiente para cada particular nivel de desempeño, pero si los comparamos entre ellos, es notorio que su comportamiento tiene una variación particular.

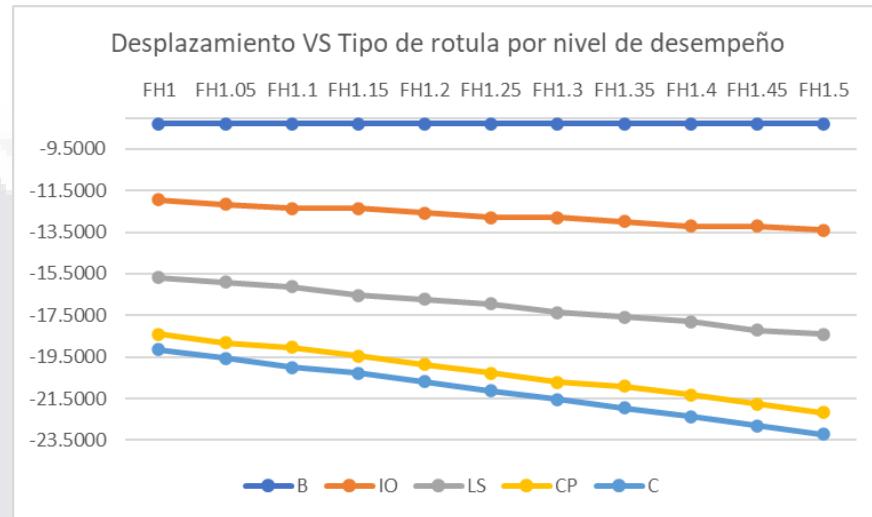


Figura 19 Gráfica de aparición de niveles de desempeño

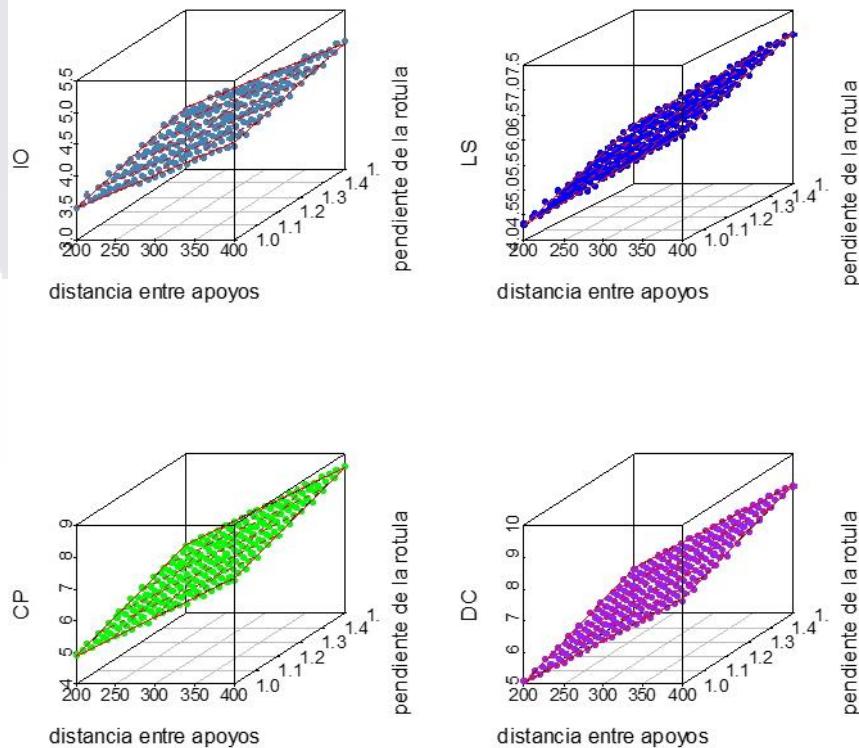


Figura 20 gráficas 3D del comportamiento por nivel de desempeño

Para este marco se hicieron las mismas 231 iteraciones de análisis, con el cambio en las 2 variables independientes, en la figura 20 se aprecia que las gráficas 3D demuestran un comportamiento prácticamente lineal con crecimiento constante.

El modelo de regresión lineal, del mismo tipo que el utilizado en el marco anterior, permite la creación de la tabla con los valores esperados para este segundo marco, se muestra con los mismos datos de entrada para facilitar la comparación entre ellos.

DIST ENTRE APOYOS	300									
PENDIENTE	1.25									
nivel de desempeño	b0	Pr	b1	Pr	b2	Pr	b3	Pr	DIST ANG (%)	HUND
IO	1.7913	0.00	0.0044	0.00	0.7266	0.00	0.0006	0.00	4.24	12.71
LS	1.0338	0.00	0.0078	0.00	1.5212	0.00	0.0010	0.00	5.67	17.02
CP	0.3933	0.00	0.0106	0.00	2.1602	0.00	0.0012	0.00	6.75	20.24
C	0.0475	0.33	0.0120	0.00	2.4500	0.00	0.0010	0.00	7.05	21.16

Tabla 10 Valor esperado para cada nivel de desempeño en el segundo marco

Mediante el uso de la segunda parte del programa en software R® se procesa esta nueva información a través del proceso estocástico de Wiener con deriva, se obtuvo de ese procedimiento la gráfica de la figura 21, en donde se aprecia una variación relativamente clara entre cada iteración, aunque todas parten de un valor y una varianza inicial idéntica.

Con estas iteraciones se procede a generar las curvas de probabilidad para cada uno de los niveles de desempeño, en la figura 22 se puede apreciar 2 formas diferentes de tratar los resultados, una con probabilidad absoluta y otra con probabilidad acumulada.

Este tipo de gráficas son de mucha ayuda con personas que no tienen la información suficiente para asegurarse como expertos de la teoría probabilística, pues ayudan a entender el proceso realizado y presentan de manera más digerible lo que podría considerarse como el objetivo final de esta investigación.

Al observar las gráficas es importante demarcar que el eje izquierdo presenta valores positivos, modificación que se realizó para facilitar su lectura, ya que los datos arrojados por el software de simulación son negativos al tratarse de un hundimiento.

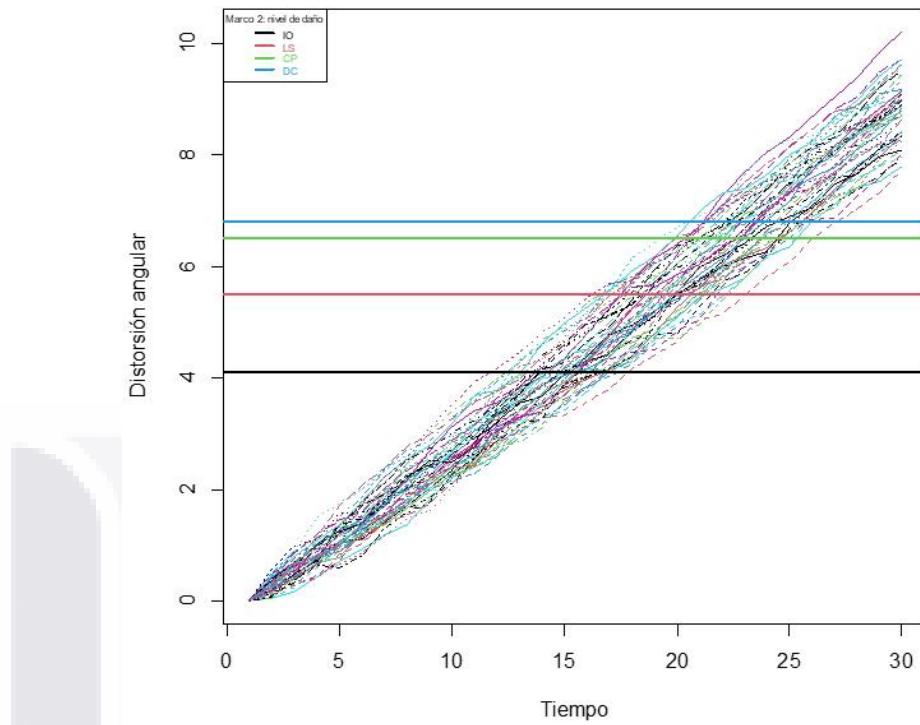


Figura 21 Gráfica de iteraciones para determinar la probabilidad de incidencia de los umbrales de desempeño

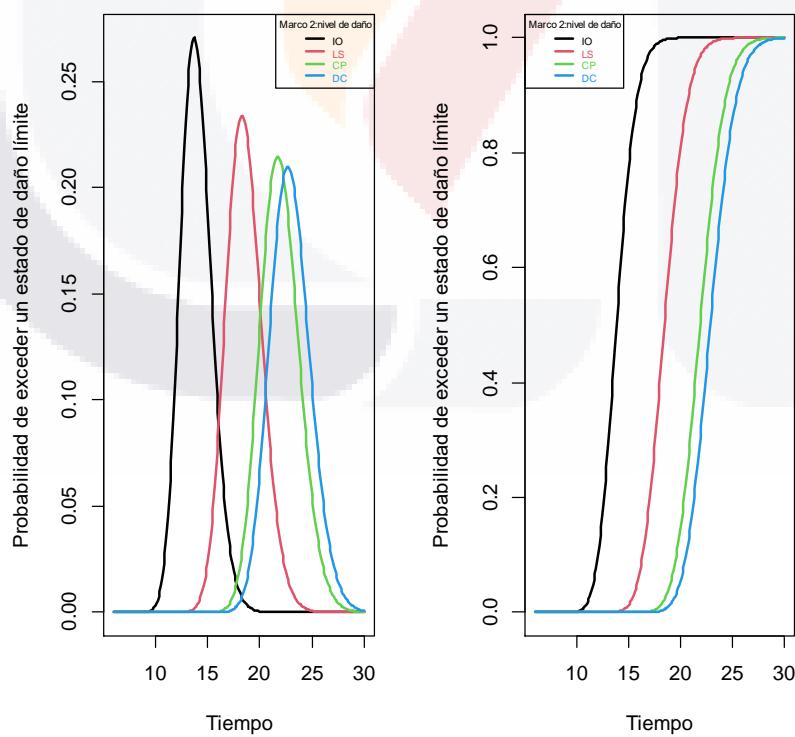


Figura 22 Gráficas de probabilidad de excedencia de los niveles de desempeño a través del tiempo

6.3 Marco con COL 12-35 TRABE 10-26

El último marco estudiado fue el más pequeño de todos, se buscó que el momento de inercia alrededor del eje x fuera lo más cercano posible a la mitad de los dos anteriores, con la intención de que esto pudiera dar un comportamiento diferente a los resultados.

En la tabla 11 se encuentran las características físicas de este particular marco.

ALTURA	300
MATERIAL	ACERO
TIPO	FY50
PERFIL	TIPO I
DESPL. INICIALES	1
P. COL	W12*35
I _x	11863
AREA	66.5
P. TRABE	W10*26
I _x	5994
AREA	49.1

Tabla 11 Características físicas del tercer marco estudiado

La conclusión más lógica para este marco es que al tener un momento de inercia menor en su elemento más débil, será menor el hundimiento necesario para llegar a los diferentes niveles de desempeño, sin embargo, como se aprecia en la tabla 12, los datos distaron de ser cercanos a la hipótesis inicial.

De nuevo se presenta la información de un marco cuadrado de 3 metros de largo por 3 de separación entre apoyos.

COLUMNA	12-35		TRABE		10-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	
DIST ANGULAR	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	
IO	-15.0221	-15.0226	-15.2730	-15.5234	-15.5239	-15.7743	-16.0247	-16.0251	-16.2756	-16.5261	-16.5264	
DIST ANGULAR	-5.01%	-5.01%	-5.09%	-5.17%	-5.17%	-5.26%	-5.34%	-5.34%	-5.43%	-5.51%	-5.51%	
LS	-19.7707	-20.0216	-20.5224	-20.7733	-21.0241	-21.5250	-21.7759	-22.0267	-22.5276	-22.7785	-23.0293	
DIST ANGULAR	-6.59%	-6.67%	-6.84%	-6.92%	-7.01%	-7.18%	-7.26%	-7.34%	-7.51%	-7.59%	-7.68%	
CP	-23.5196	-23.7708	-24.2720	-24.7732	-25.2744	-25.7756	-26.2768	-26.5279	-27.0291	-27.5303	-28.0315	
DIST ANGULAR	-7.84%	-7.92%	-8.09%	-8.26%	-8.42%	-8.59%	-8.76%	-8.84%	-9.01%	-9.18%	-9.34%	
C	-24.4869	-24.9868	-25.4877	-25.9886	-26.5070	-27.0075	-27.5081	-28.0087	-28.5093	-29.0099	-29.4071	
DIST ANGULAR	-8.16%	-8.33%	-8.50%	-8.66%	-8.84%	-9.00%	-9.17%	-9.34%	-9.50%	-9.67%	-9.80%	

Tabla 12 Datos de salida del modelado de un marco cuadrado tipo 3

Como se aprecia en la figura 23, el hundimiento necesario para llegar a los diversos niveles de desempeño es mucho mayor comparado con el de los 2 primeros tipos de marcos, además se observa que hay un espaciamiento mucho más marcado entre cada uno de los niveles.

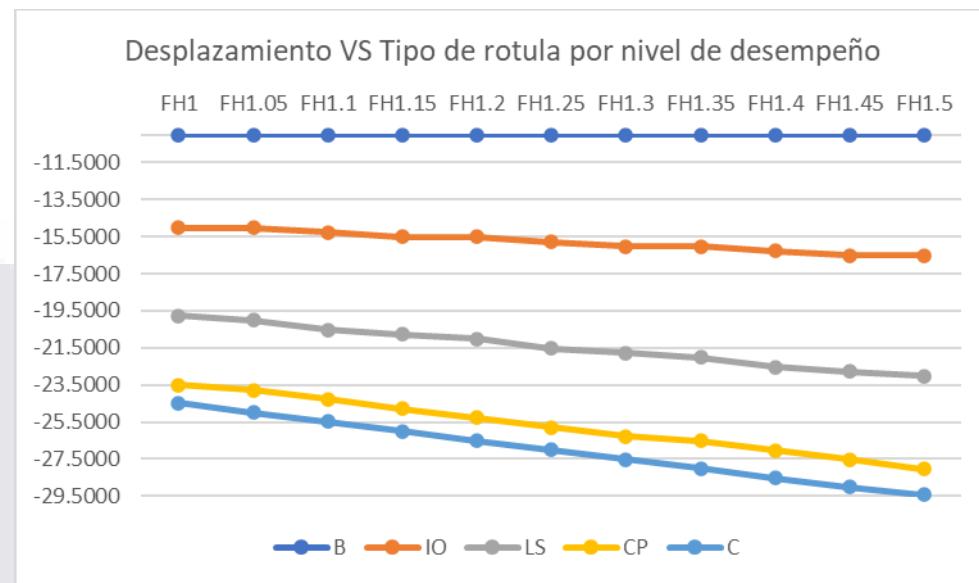


Figura 23 Gráfica de valores obtenidos por nivel de desempeño

Esto es aún más notorio en la figura 24, la cual muestra los datos obtenidos para cada uno de los niveles de desempeño, sin importar los datos de entrada de las variables independientes.

Es posible apreciar que, salvo el nivel de inmediata ocupación, que a lo largo de todo el análisis ha resultado ser el que mayor varianza tiene en cualquiera de los 3 tipos de marcos, los datos se pueden adaptar de manera fidedigna a un área denotada en las gráficas.

Aunque se pensó por un momento realizar un menor número de análisis, al final se modelaron y capturaron la misma cantidad de marcos con las características de este tercer tipo. Lo cual permitió en gran medida que la aproximación del modelo de regresión lineal fuera muy similar a los 2 marcos anteriores.

La tabla de valores esperados (Tabla 13) comprueba que el hundimiento necesario en este particular tipo de marcos debe ser más grande que en los marcos anteriores, lo cual creo la necesidad de investigar la razón de este acontecimiento.

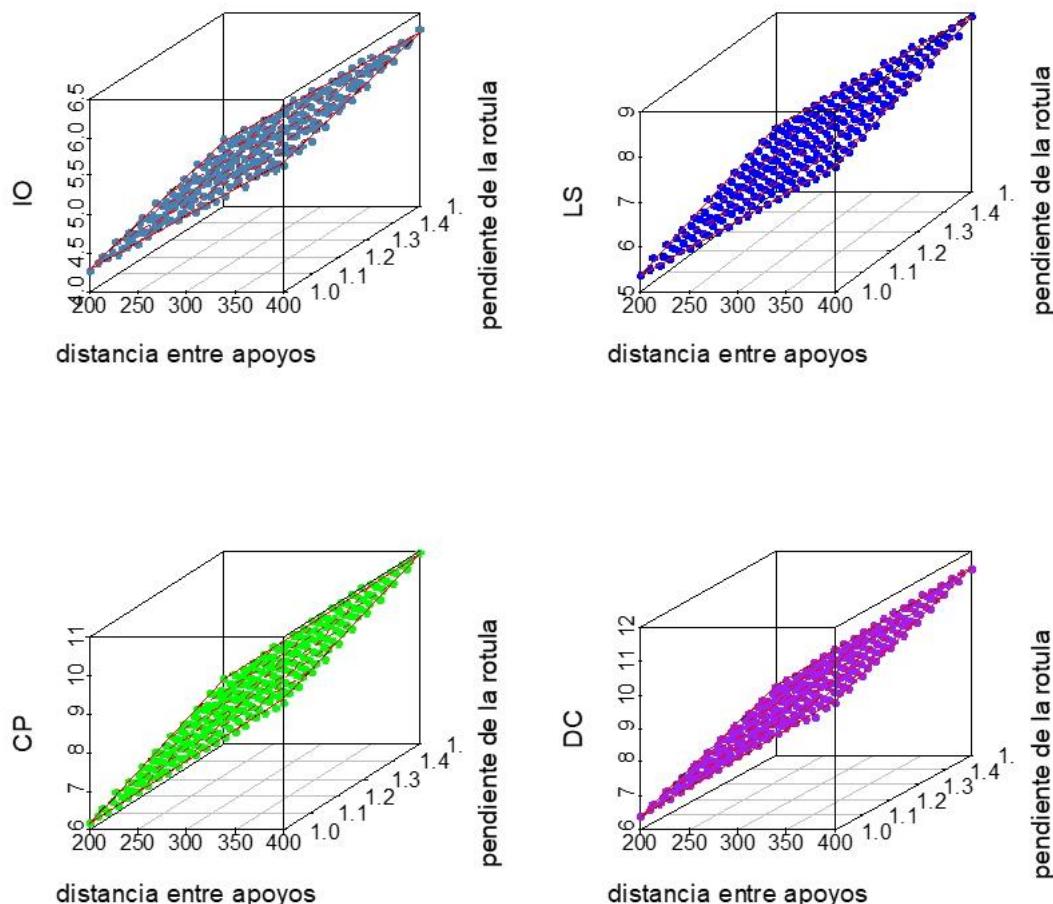


Figura 24 Gráficas 3D del comportamiento por nivel de desempeño

De nuevo hay que recalcar que la aproximación de la R cuadrada en este modelo es mayor al 95% en cada uno de los niveles de desempeño establecidos por lo que la variación entre los resultados obtenidos y los que arrojará la estimación será prácticamente nula, sin embargo, puede existir. Este tipo de acercamientos permite pensar que, si en algún futuro se quisiera continuar la investigación planteada en este trabajo, pudieran realizarse una menor cantidad de análisis y aun así obtener resultados aceptables dentro de la teoría probabilística.

Los datos son procesados, para crear las diferentes iteraciones que ayudan a determinar el tiempo necesario para que estos hundimientos ocurran en un marco existente, cada vez que las iteraciones cruzan uno de los umbrales se genera un dato, es claro que, a mayor número de iteraciones, mayor cantidad de datos obtenidos.

DIST ENTRE APOYOS	300									
PENDIENTE	1.25									
nivel de desempeño	b0	Pr	b1	Pr	b2	Pr	b3	Pr	DIST ANG (%)	HUND
IO	2.0183	0.00	0.0061	0.00	0.9199	0.00	0.0007	0.00	5.26	15.79
LS	1.0670	0.00	0.0110	0.00	1.9284	0.00	0.0010	0.00	7.14	21.42
CP	0.5307	0.00	0.0140	0.00	2.5462	0.00	0.0017	0.00	8.55	25.66
C	0.3340	0.00	0.0149	0.00	2.7512	0.00	0.0019	0.00	8.96	26.87

Tabla 13 Valores esperados para un marco tipo 3

Al existir una mayor diferencia entre los valores a los que se alcanzan los diferentes umbrales, es obvio que, aunque la R cuadrada es prácticamente mayor a 99 en los 4 umbrales, existe una variación mayor entre los resultados obtenidos y los calculados.

A través del proceso de Wiener con deriva se realizan las diversas iteraciones (FIG 25) para determinar las probabilidades de excedencia posibles.

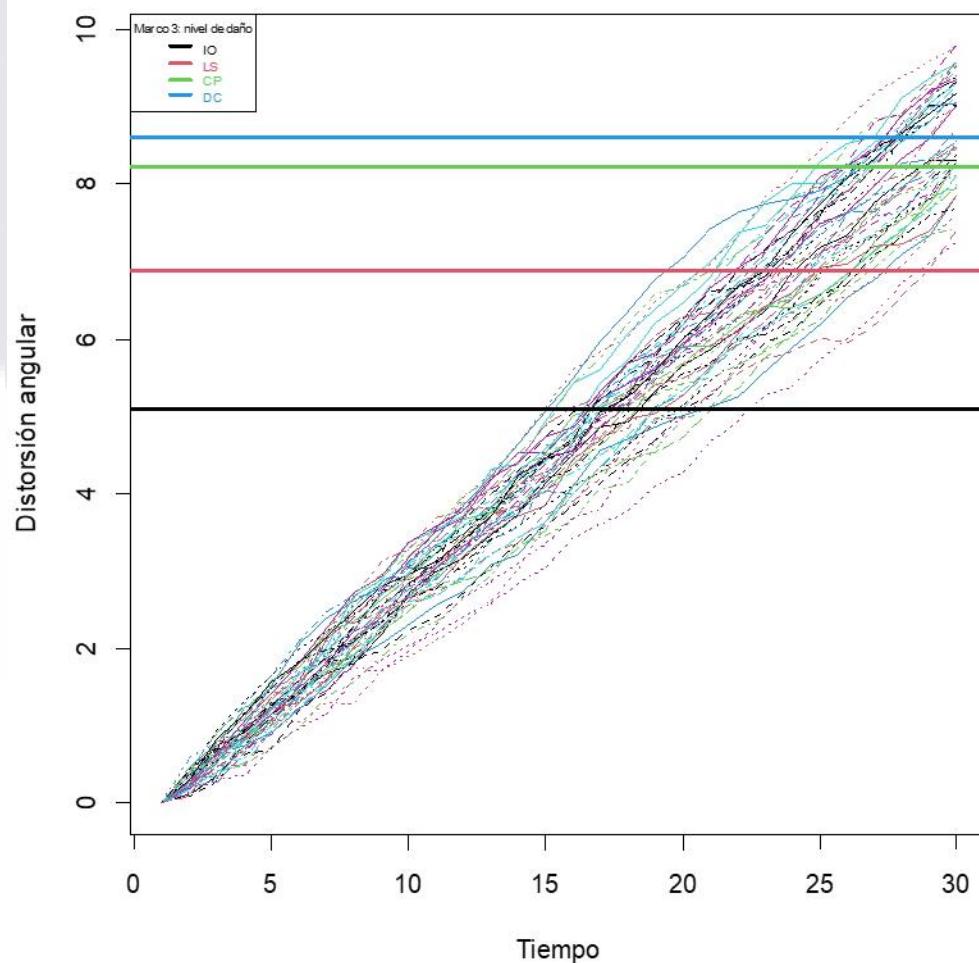


Figura 25 Gráfica de iteraciones de comportamiento de hundimiento

Al ser necesario un mayor hundimiento para la aparición de los niveles de desempeño, el tiempo requerido para alcanzar los umbrales será mayor, ya que los datos de entrada se mantuvieron idénticos en los 3 marcos. Es por ello por lo que en la figura 26 los datos del eje X tienen un rango más grande.

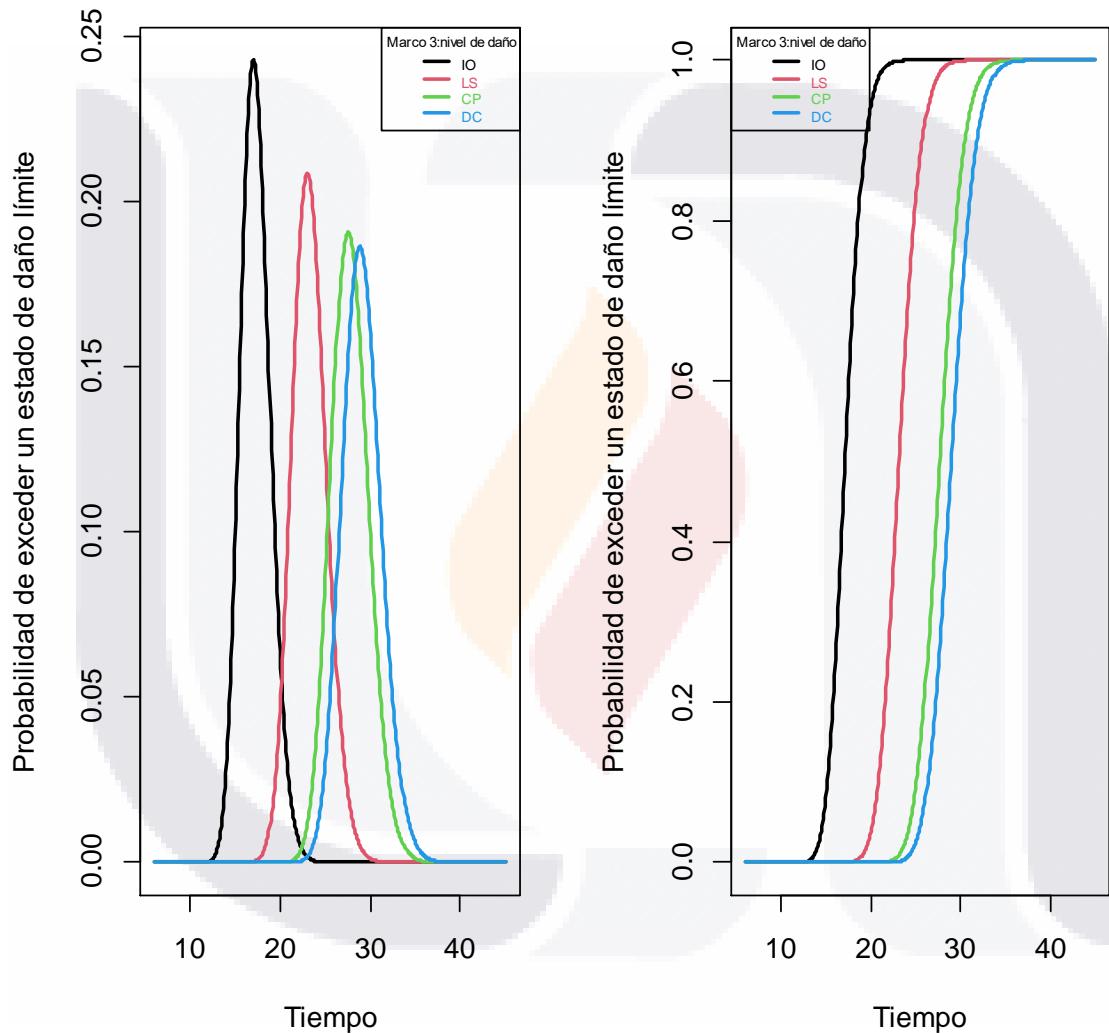


Figura 26 Curvas de desempeño o de probabilidad de excedencia del estado límite (nivel de desempeño)

Capítulo 7. Conclusiones

Se conoce que a mayor cantidad de datos el análisis estadístico presenta una mayor precisión a lo que ocurriría en un escenario real no idealizado. En la investigación realizada para este trabajo, se cuenta con una buena cantidad de datos de entrada provenientes del modelado de los diferentes marcos lo cual le da credibilidad al análisis realizado para futuras investigaciones que consideren este trabajo como base.

Los marcos tienen comportamientos lineales sin importar el cambio en las variables de entrada, sin embargo, esta línea no siempre es tan clara, por lo que el llegar a un modelo estadístico con gran significancia es muy importante para el estudio del desempeño en estructuras afectadas por subsidencia.

Los resultados, aunque importantes, no son la pieza clave de esta investigación, ya que los modelos estadísticos y la simulación de los niveles de desempeño por medio del proceso de Wiener son la base para un procedimiento simplificado que determine el comportamiento de las estructuras bajo el efecto de la subsidencia.

Uno de los puntos más importantes de la investigación fue el rechazo a la teoría inicial de que a mayor momento de inercia, mayor sería el desplazamiento necesario para llegar a los respectivos niveles de desempeño, lo cual lleva a pensar que una falla local de los elementos puede ser una de las principales razones para la aparición de rótulas plásticas en este tipo de elementos.

Como recomendación principal para una investigación similar a futuro, sería la determinación del número adecuado de análisis para obtener la información suficiente para que el modelo de regresión cuente con una significancia importante, sin que estos análisis requieran ser los mismos a los que se estudiaron en este trabajo.

Tres marcos como base son un excelente arranque, sin embargo, aún hay un largo camino por recorrer, ya que todos los marcos estudiados fueron del tipo columna fuerte trabe débil, sería importante determinar el comportamiento en marcos con perfiles idénticos, o con trabe fuerte y columna débil, y más allá de eso, extender esta investigación a elementos esqueléticos, o tal vez de un material diferente.

La confiabilidad estructural estudiada y generada para cada uno de los marcos puede permitir a futuro asegurar el buen desempeño de los elementos estructurales, que, a su vez, representa una seguridad para el usuario de cualquier tipo de edificaciones que puedan verse afectadas por este tipo de problemas.

Una investigación importante a futuro sería la comprobación de estos análisis en algún marco de acero afectado por esta excitación externa, puesto que en la actualidad la mayoría de las afectaciones ocurren en viviendas de mampostería, pero, como la misma construcción va tomando rumbo al acero en un sinfín de elementos estructurales, es probable que en un futuro podamos encontrar esta problemática en la vida real.

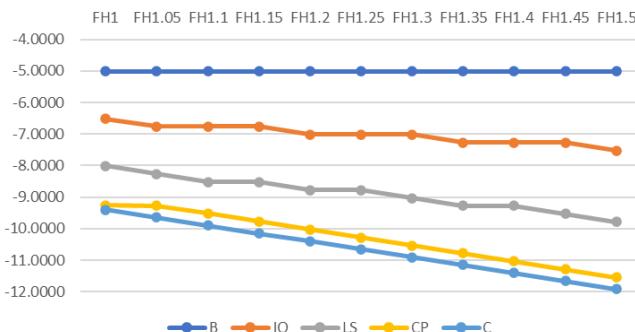
Ojalá la nueva normalidad permita que esta investigación se continúe con las bondades y facilidades de los laboratorios existentes tanto en la universidad como en universidades hermanas que permitan comprobar los datos, que al final de cuentas en este caso, no dejan de ser simulaciones.

ANEXO A. Tablas y gráficas de resultados.

A.1 Marco Columna 18-35 y Trabe 16-26

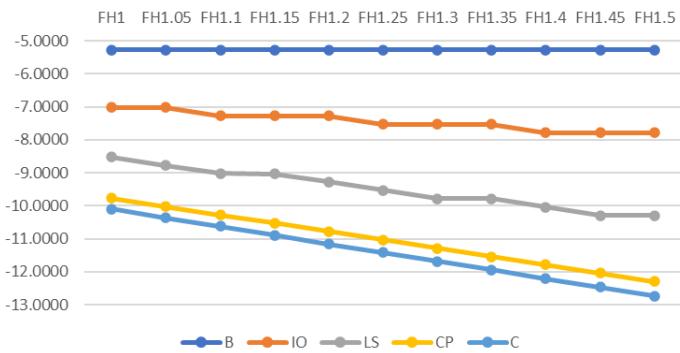
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			200		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	-5.0121	
DIST ANGULAR	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	
IO	-6.5117	-6.7628	-6.7639	-6.7648	-7.0162	-7.0171	-7.0179	-7.2695	-7.2703	-7.2710	-7.5227	
DIST ANGULAR	-3.26%	-3.38%	-3.38%	-3.38%	-3.51%	-3.51%	-3.51%	-3.63%	-3.64%	-3.64%	-3.76%	
LS	-8.0113	-8.2634	-8.5156	-8.5175	-8.7698	-8.7715	-9.0237	-9.2761	-9.2775	-9.5299	-9.7823	
DIST ANGULAR	-4.01%	-4.13%	-4.26%	-4.26%	-4.38%	-4.39%	-4.51%	-4.64%	-4.64%	-4.76%	-4.89%	
CP	-9.2610	-9.2638	-9.5166	-9.7695	-10.0223	-10.2752	-10.5281	-10.7810	-11.0339	-11.2868	-11.5397	
DIST ANGULAR	-4.63%	-4.63%	-4.76%	-4.88%	-5.01%	-5.14%	-5.26%	-5.39%	-5.52%	-5.64%	-5.77%	
C	-9.3939	-9.6440	-9.8945	-10.1450	-10.3956	-10.6461	-10.8967	-11.1472	-11.3978	-11.6483	-11.9095	
DIST ANGULAR	-4.70%	-4.82%	-4.95%	-5.07%	-5.20%	-5.32%	-5.45%	-5.57%	-5.70%	-5.82%	-5.95%	

Desplazamiento vs tipo de rotula por nivel de desempeño

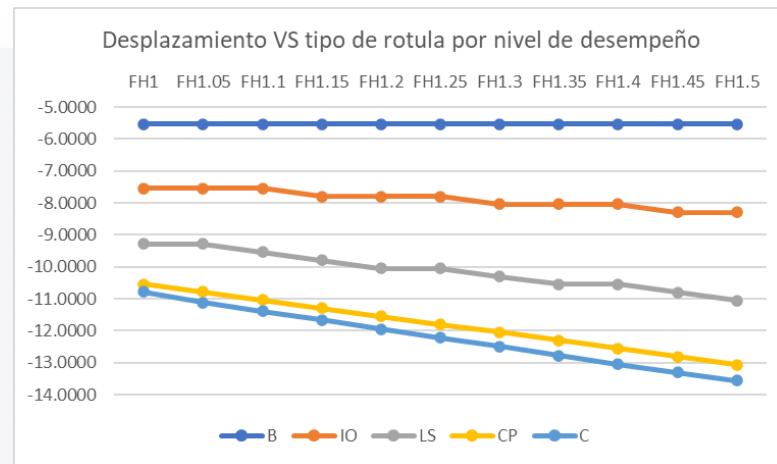


COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			210		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	-5.2734	
DIST ANGULAR	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	-2.51%	
IO	-7.0230	-7.0240	-7.2751	-7.2760	-7.2769	-7.5282	-7.5290	-7.5298	-7.7813	-7.7820	-7.7826	
DIST ANGULAR	-3.34%	-3.34%	-3.46%	-3.46%	-3.47%	-3.58%	-3.59%	-3.59%	-3.71%	-3.71%	-3.71%	
LS	-8.5226	-8.7745	-9.0265	-9.0283	-9.2804	-9.5325	-9.7847	-9.7862	-10.0383	-10.2906	-10.2919	
DIST ANGULAR	-4.06%	-4.18%	-4.30%	-4.30%	-4.42%	-4.54%	-4.66%	-4.66%	-4.78%	-4.90%	-4.90%	
CP	-9.7722	-10.0249	-10.2776	-10.5303	-10.7830	-11.0357	-11.2884	-11.5411	-11.7938	-12.0466	-12.2993	
DIST ANGULAR	-4.65%	-4.77%	-4.89%	-5.01%	-5.13%	-5.26%	-5.38%	-5.50%	-5.62%	-5.74%	-5.86%	
C	-10.1033	-10.3663	-10.6299	-10.8935	-11.1571	-11.4207	-11.6843	-11.9479	-12.2115	-12.4751	-12.7387	
DIST ANGULAR	-4.81%	-4.94%	-5.06%	-5.19%	-5.31%	-5.44%	-5.56%	-5.69%	-5.82%	-5.94%	-6.07%	

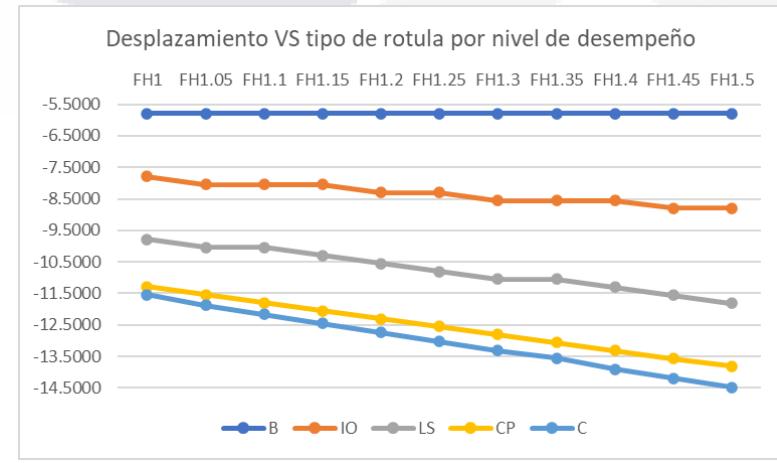
Desplazamiento vs tipo de rotula por nivel de desempeño



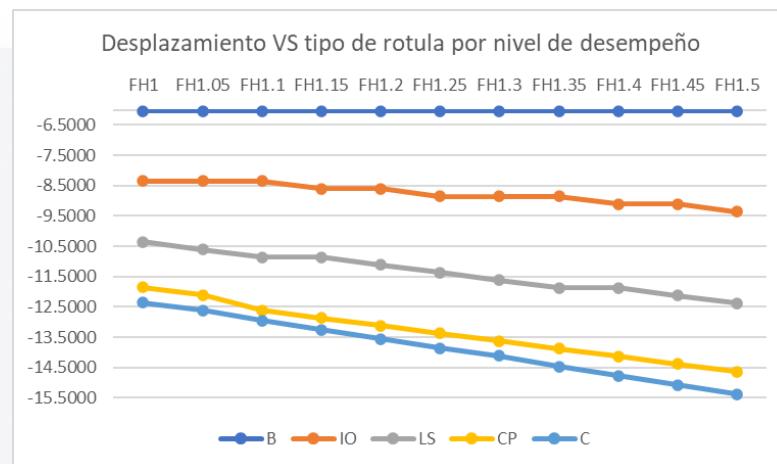
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			220		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	-5.5386	
DIST ANGULAR	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	
IO	-7.5380	-7.5390	-7.5400	-7.7911	-7.7919	-7.7927	-8.0440	-8.0447	-8.0454	-8.2968	-8.2974	
DIST ANGULAR	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.54%	-3.54%	-3.54%	-3.66%	-3.66%	-3.66%	-3.77%	-3.77%	
LS	-9.2876	-9.2895	-9.5413	-9.7933	-10.0453	-10.0468	-10.2988	-10.5508	-10.5522	-10.8043	-11.0563	
DIST ANGULAR	-4.22%	-4.22%	-4.34%	-4.45%	-4.57%	-4.57%	-4.68%	-4.80%	-4.80%	-4.91%	-5.03%	
CP	-10.5372	-10.7898	-11.0424	-11.2949	-11.5475	-11.8001	-12.0526	-12.3051	-12.5577	-12.8102	-13.0628	
DIST ANGULAR	-4.79%	-4.90%	-5.02%	-5.13%	-5.25%	-5.36%	-5.48%	-5.59%	-5.71%	-5.82%	-5.94%	
C	-10.7872	-11.1143	-11.3911	-11.6679	-11.9448	-12.2216	-12.4985	-12.7753	-13.0522	-13.3117	-13.5644	
DIST ANGULAR	-4.90%	-5.05%	-5.18%	-5.30%	-5.43%	-5.56%	-5.68%	-5.81%	-5.93%	-6.05%	-6.17%	



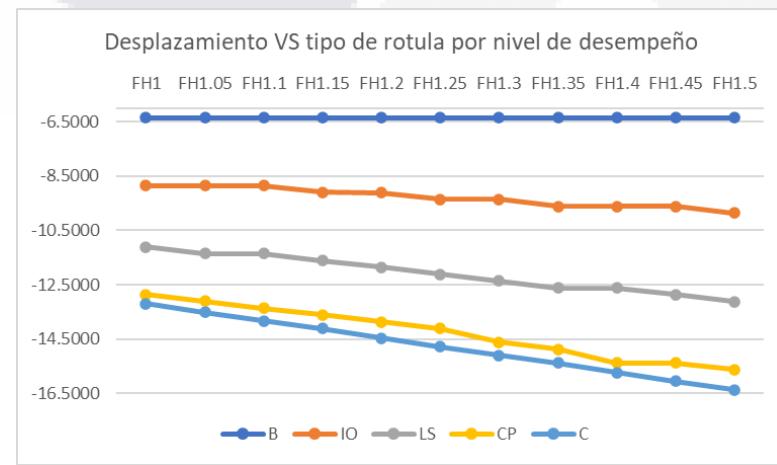
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			230		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	-5.7931	
DIST ANGULAR	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	
IO	-7.7926	-8.0435	-8.0444	-8.0452	-8.2963	-8.2970	-8.5482	-8.5490	-8.5496	-8.8009	-8.8016	
DIST ANGULAR	-3.39%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.61%	-3.61%	-3.72%	-3.72%	-3.72%	-3.83%	-3.83%	
LS	-9.7920	-10.0438	-10.0455	-10.2973	-10.5491	-10.8010	-11.0529	-11.0543	-11.3062	-11.5581	-11.8100	
DIST ANGULAR	-4.26%	-4.37%	-4.37%	-4.48%	-4.59%	-4.70%	-4.81%	-4.81%	-4.92%	-5.03%	-5.13%	
CP	-11.2916	-11.5441	-11.7965	-12.0489	-12.3014	-12.5538	-12.8062	-13.0585	-13.3109	-13.5633	-13.8157	
DIST ANGULAR	-4.91%	-5.02%	-5.13%	-5.24%	-5.35%	-5.46%	-5.57%	-5.68%	-5.79%	-5.90%	-6.01%	
C	-11.5415	-11.8725	-12.1620	-12.4515	-12.7410	-13.0305	-13.3071	-13.5596	-13.8989	-14.1883	-14.4777	
DIST ANGULAR	-5.02%	-5.16%	-5.29%	-5.41%	-5.54%	-5.67%	-5.79%	-5.90%	-6.04%	-6.17%	-6.29%	



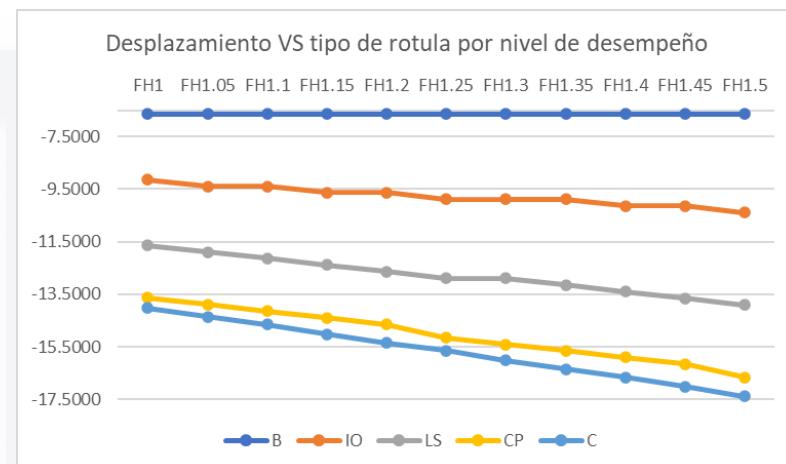
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			240		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	-6.0413	
DIST ANGULAR	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	-2.52%	
IO	-8.3545	-8.3557	-8.3568	-8.6080	-8.6090	-8.8603	-8.8613	-8.8621	-9.1135	-9.1143	-9.3657	
DIST ANGULAR	-3.48%	-3.48%	-3.48%	-3.59%	-3.59%	-3.69%	-3.69%	-3.69%	-3.80%	-3.80%	-3.90%	
LS	-10.3539	-10.6059	-10.8580	-10.8598	-11.1118	-11.3637	-11.6157	-11.8677	-11.8692	-12.1212	-12.373	
DIST ANGULAR	-4.31%	-4.42%	-4.52%	-4.52%	-4.63%	-4.73%	-4.84%	-4.94%	-4.95%	-5.05%	-5.16%	
CP	-11.8535	-12.1061	-12.6088	-12.8614	-13.1139	-13.3665	-13.6190	-13.8714	-14.1239	-14.3763	-14.629	
DIST ANGULAR	-4.94%	-5.04%	-5.25%	-5.36%	-5.46%	-5.57%	-5.67%	-5.78%	-5.88%	-5.99%	-6.10%	
C	-12.3534	-12.6062	-12.9570	-13.2590	-13.5609	-13.8627	-14.1198	-14.4663	-14.7680	-15.0697	-15.371	
DIST ANGULAR	-5.15%	-5.25%	-5.40%	-5.52%	-5.65%	-5.78%	-5.88%	-6.03%	-6.15%	-6.28%	-6.40%	



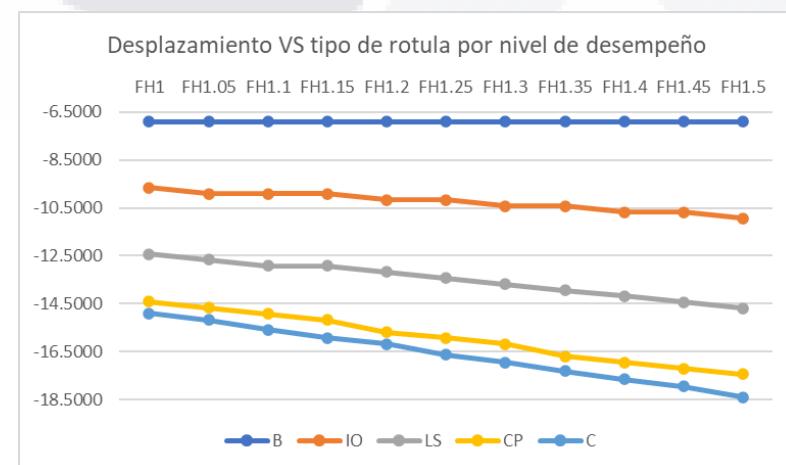
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			250		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	-6.3561	
DIST ANGULAR	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	-2.54%	
IO	-8.8554	-8.8563	-8.8570	-9.1079	-9.1087	-9.3596	-9.3603	-9.6114	-9.6120	-9.6126	-9.8638	
DIST ANGULAR	-3.54%	-3.54%	-3.54%	-3.64%	-3.64%	-3.74%	-3.74%	-3.84%	-3.84%	-3.85%	-3.95%	
LS	-11.1048	-11.3564	-11.3580	-11.6096	-11.8612	-12.1129	-12.3646	-12.6163	-12.6175	-12.8692	-13.1209	
DIST ANGULAR	-4.44%	-4.54%	-4.54%	-4.64%	-4.74%	-4.85%	-4.95%	-5.05%	-5.05%	-5.15%	-5.25%	
CP	-12.8543	-13.1065	-13.3588	-13.6109	-13.8631	-14.1153	-14.6178	-14.8699	-15.3725	-15.3742	-15.6263	
DIST ANGULAR	-5.14%	-5.24%	-5.34%	-5.44%	-5.55%	-5.65%	-5.85%	-5.95%	-6.15%	-6.15%	-6.25%	
C	-13.1926	-13.5096	-13.8272	-14.1113	-14.4625	-14.7802	-15.0978	-15.3707	-15.7332	-16.0509	-16.3686	
DIST ANGULAR	-5.28%	-5.40%	-5.53%	-5.64%	-5.78%	-5.91%	-6.04%	-6.15%	-6.29%	-6.42%	-6.55%	



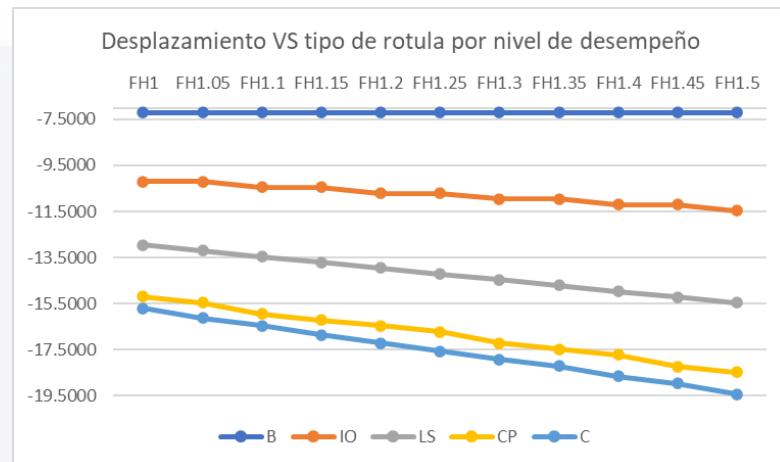
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			260		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	-6.6356	
DIST ANGULAR	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	-2.55%	
IO	-9.1349	-9.3857	-9.3865	-9.6373	-9.6380	-9.8890	-9.8896	-9.8903	-10.1412	-10.1418	-10.3929	
DIST ANGULAR	-3.51%	-3.61%	-3.61%	-3.71%	-3.71%	-3.80%	-3.80%	-3.80%	-3.90%	-3.90%	-4.00%	
LS	-11.6342	-11.8857	-12.1373	-12.3889	-12.6404	-12.8920	-12.8933	-13.1449	-13.3965	-13.6480	-13.8996	
DIST ANGULAR	-4.47%	-4.57%	-4.67%	-4.76%	-4.86%	-4.96%	-4.96%	-5.06%	-5.15%	-5.25%	-5.35%	
CP	-13.6336	-13.8858	-14.1379	-14.3900	-14.6420	-15.1443	-15.3964	-15.6484	-15.9005	-16.1525	-16.6549	
DIST ANGULAR	-5.24%	-5.34%	-5.44%	-5.53%	-5.63%	-5.82%	-5.92%	-6.02%	-6.12%	-6.21%	-6.41%	
C	-14.0268	-14.3577	-14.6380	-15.0209	-15.3525	-15.6448	-16.0158	-16.3474	-16.6517	-17.0107	-17.3858	
DIST ANGULAR	-5.39%	-5.52%	-5.63%	-5.78%	-5.90%	-6.02%	-6.16%	-6.29%	-6.40%	-6.54%	-6.69%	



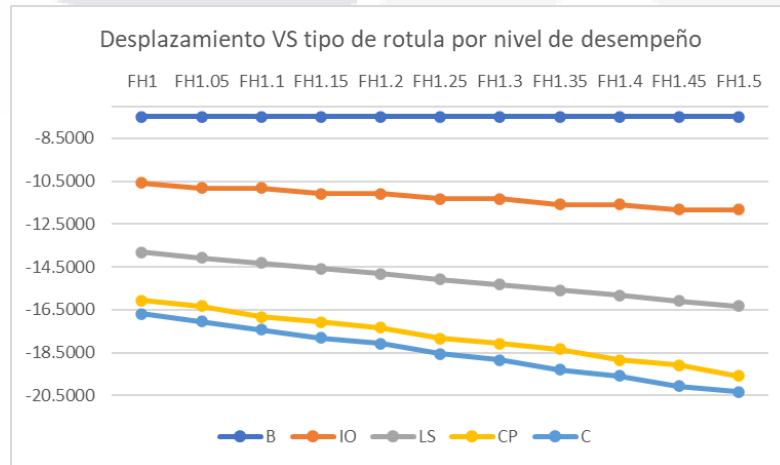
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			270		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	-6.9185	
DIST ANGULAR	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	-2.56%	
IO	-9.6677	-9.9184	-9.9192	-9.9199	-10.1707	-10.1714	-10.4223	-10.4229	-10.6738	-10.6744	-10.9253	
DIST ANGULAR	-3.58%	-3.67%	-3.67%	-3.67%	-3.77%	-3.77%	-3.86%	-3.86%	-3.95%	-3.95%	-4.05%	
LS	-12.4169	-12.6684	-12.9199	-12.9213	-13.1728	-13.4243	-13.6757	-13.9272	-14.1787	-14.4302	-14.6817	
DIST ANGULAR	-4.60%	-4.69%	-4.79%	-4.79%	-4.88%	-4.97%	-5.07%	-5.16%	-5.25%	-5.34%	-5.44%	
CP	-14.4163	-14.6684	-14.9204	-15.1724	-15.6745	-15.9265	-16.1784	-16.6807	-16.9326	-17.1845	-17.4365	
DIST ANGULAR	-5.34%	-5.43%	-5.53%	-5.62%	-5.81%	-5.90%	-5.99%	-6.18%	-6.27%	-6.36%	-6.46%	
C	-14.8854	-15.1684	-15.5761	-15.9219	-16.1748	-16.6133	-16.9292	-17.3049	-17.6506	-17.9357	-18.3975	
DIST ANGULAR	-5.51%	-5.62%	-5.77%	-5.90%	-5.99%	-6.15%	-6.27%	-6.41%	-6.54%	-6.64%	-6.81%	



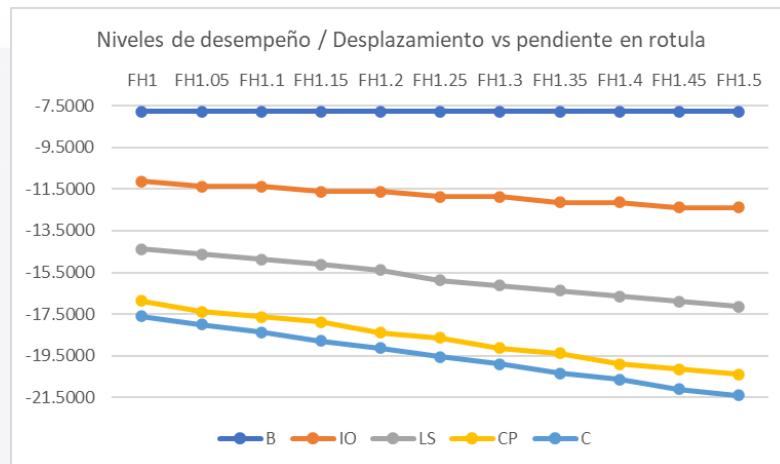
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			280		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	-7.2046	
DIST ANGULAR	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	-2.57%	
IO	-10.2037	-10.2045	-10.4552	-10.4559	-10.7067	-10.7073	-10.9581	-10.9587	-11.2096	-11.2102	-11.4611	
DIST ANGULAR	-3.64%	-3.64%	-3.73%	-3.73%	-3.82%	-3.82%	-3.91%	-3.91%	-4.00%	-4.00%	-4.09%	
LS	-12.9529	-13.2043	-13.4557	-13.7072	-13.9586	-14.2100	-14.4614	-14.7128	-14.9643	-15.2157	-15.4671	
DIST ANGULAR	-4.63%	-4.72%	-4.81%	-4.90%	-4.99%	-5.07%	-5.16%	-5.25%	-5.34%	-5.43%	-5.52%	
CP	-15.2023	-15.4542	-15.9562	-16.2081	-16.4600	-16.7119	-17.2140	-17.4659	-17.7177	-18.2198	-18.4717	
DIST ANGULAR	-5.43%	-5.52%	-5.70%	-5.79%	-5.88%	-5.97%	-6.15%	-6.24%	-6.33%	-6.51%	-6.60%	
C	-15.7021	-16.1273	-16.4563	-16.8474	-17.2074	-17.5674	-17.9275	-18.2167	-18.6476	-18.9709	-19.4346	
DIST ANGULAR	-5.61%	-5.76%	-5.88%	-6.02%	-6.15%	-6.27%	-6.40%	-6.51%	-6.66%	-6.78%	-6.94%	



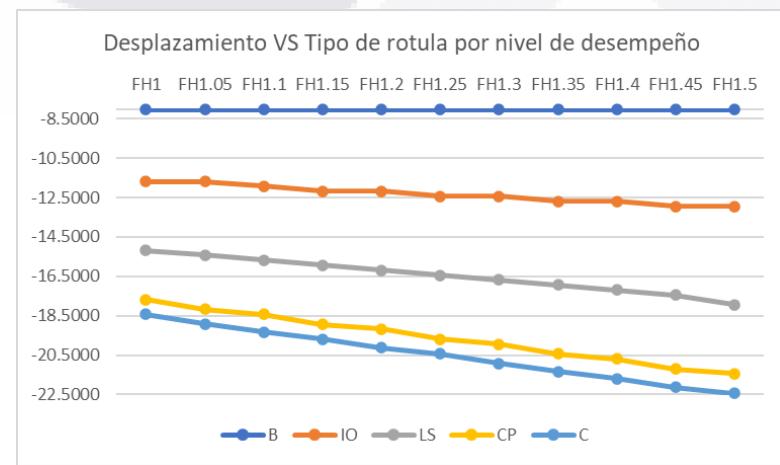
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			290		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	-7.4939	
DIST ANGULAR	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	-2.58%	
IO	-10.5675	-10.8183	-10.8192	-11.0701	-11.0709	-11.3219	-11.3226	-11.5736	-11.5742	-11.8252	-11.8259	
DIST ANGULAR	-3.64%	-3.73%	-3.73%	-3.82%	-3.82%	-3.90%	-3.90%	-3.99%	-3.99%	-4.08%	-4.08%	
LS	-13.8165	-14.0681	-14.3197	-14.5713	-14.8228	-15.0744	-15.3259	-15.5774	-15.8289	-16.0804	-16.3319	
DIST ANGULAR	-4.76%	-4.85%	-4.94%	-5.02%	-5.11%	-5.20%	-5.28%	-5.37%	-5.46%	-5.54%	-5.63%	
CP	-16.0658	-16.3179	-16.8200	-17.0721	-17.3241	-17.8262	-18.0781	-18.3301	-18.8322	-19.0841	-19.5863	
DIST ANGULAR	-5.54%	-5.63%	-5.80%	-5.89%	-5.97%	-6.15%	-6.23%	-6.32%	-6.49%	-6.58%	-6.75%	
C	-16.6814	-17.0552	-17.4297	-17.8043	-18.0744	-18.5534	-18.8288	-19.3025	-19.5831	-20.0517	-20.3373	
DIST ANGULAR	-5.75%	-5.88%	-6.01%	-6.14%	-6.23%	-6.40%	-6.49%	-6.66%	-6.75%	-6.91%	-7.01%	



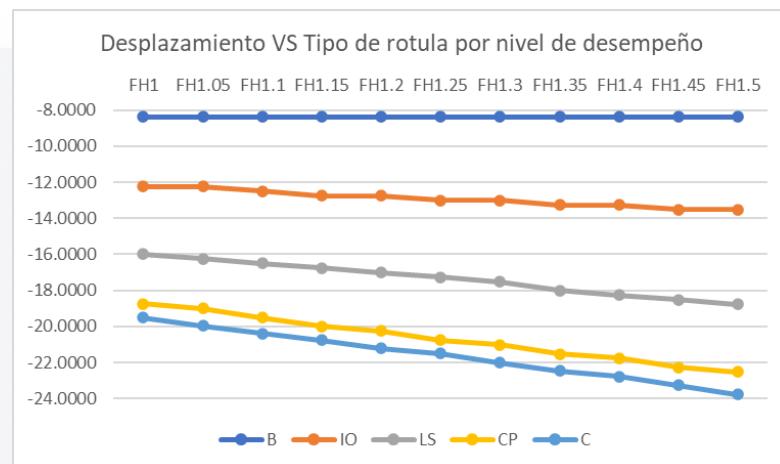
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	-7.7838	
DIST ANGULAR	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	
IO	-11.1228	-11.3737	-11.3745	-11.6254	-11.6262	-11.8771	-11.8779	-12.1288	-12.1295	-12.3804	-12.3810	
DIST ANGULAR	-3.71%	-3.79%	-3.79%	-3.88%	-3.88%	-3.96%	-3.96%	-4.04%	-4.04%	-4.13%	-4.13%	
LS	-14.3718	-14.6233	-14.8748	-15.1263	-15.3778	-15.8794	-16.1309	-16.3824	-16.6338	-16.8853	-17.1367	
DIST ANGULAR	-4.79%	-4.87%	-4.96%	-5.04%	-5.13%	-5.29%	-5.38%	-5.46%	-5.54%	-5.63%	-5.71%	
CP	-16.8710	-17.3730	-17.6251	-17.8770	-18.3791	-18.6310	-19.1330	-19.3849	-19.8870	-20.1388	-20.3906	
DIST ANGULAR	-5.62%	-5.79%	-5.88%	-5.96%	-6.13%	-6.21%	-6.38%	-6.46%	-6.63%	-6.71%	-6.80%	
C	-17.6094	-17.9977	-18.3751	-18.7757	-19.1294	-19.5538	-19.8836	-20.3319	-20.6377	-21.1100	-21.3918	
DIST ANGULAR	-5.87%	-6.00%	-6.13%	-6.26%	-6.38%	-6.52%	-6.63%	-6.78%	-6.88%	-7.04%	-7.13%	



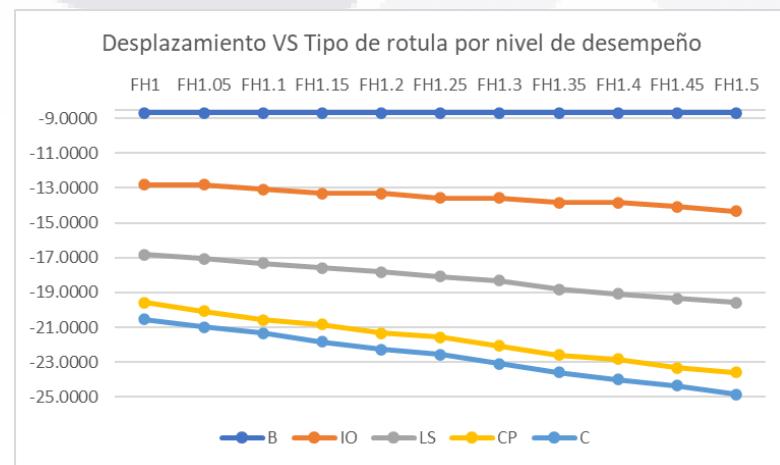
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			310		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	-8.0324	
DIST ANGULAR	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	-2.59%	
IO	-11.6799	-11.6809	-11.9319	-12.1828	-12.1837	-12.4346	-12.4354	-12.6864	-12.6871	-12.9381	-12.9388	
DIST ANGULAR	-3.77%	-3.77%	-3.85%	-3.93%	-3.93%	-4.01%	-4.01%	-4.09%	-4.09%	-4.17%	-4.17%	
LS	-15.1789	-15.4305	-15.6820	-15.9336	-16.1851	-16.4366	-16.6881	-16.9395	-17.1910	-17.4424	-17.9441	
DIST ANGULAR	-4.90%	-4.98%	-5.06%	-5.14%	-5.22%	-5.30%	-5.38%	-5.46%	-5.55%	-5.63%	-5.79%	
CP	-17.6781	-18.1801	-18.4321	-18.9342	-19.1861	-19.6882	-19.9401	-20.4421	-20.6939	-21.1960	-21.4478	
DIST ANGULAR	-5.70%	-5.86%	-5.95%	-6.11%	-6.19%	-6.35%	-6.43%	-6.59%	-6.68%	-6.84%	-6.92%	
C	-18.4279	-18.9200	-19.3214	-19.6843	-20.1241	-20.4385	-20.9266	-21.3277	-21.6948	-22.1299	-22.4488	
DIST ANGULAR	-5.94%	-6.10%	-6.23%	-6.35%	-6.49%	-6.59%	-6.75%	-6.88%	-7.00%	-7.14%	-7.24%	



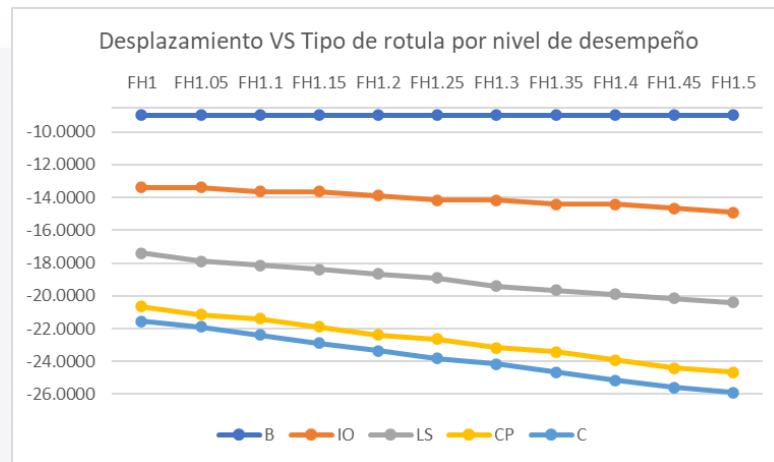
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			320		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	-8.3799	
DIST ANGULAR	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	-2.62%	
IO	-12.2486	-12.2494	-12.5003	-12.7511	-12.7519	-13.0027	-13.0034	-13.2543	-13.2549	-13.5058	-13.5064	
DIST ANGULAR	-3.83%	-3.83%	-3.91%	-3.98%	-3.98%	-4.06%	-4.06%	-4.14%	-4.14%	-4.22%	-4.22%	
LS	-15.9974	-16.2489	-16.5003	-16.7517	-17.0031	-17.2545	-17.5058	-18.0073	-18.2587	-18.5100	-18.7613	
DIST ANGULAR	-5.00%	-5.08%	-5.16%	-5.23%	-5.31%	-5.39%	-5.47%	-5.63%	-5.71%	-5.78%	-5.86%	
CP	-18.7466	-18.9985	-19.5003	-20.0022	-20.2540	-20.7559	-21.0077	-21.5096	-21.7613	-22.2632	-22.5149	
DIST ANGULAR	-5.86%	-5.94%	-6.09%	-6.25%	-6.33%	-6.49%	-6.56%	-6.72%	-6.80%	-6.96%	-7.04%	
C	-19.4963	-19.9596	-20.3784	-20.7523	-21.2161	-21.5062	-22.0082	-22.4726	-22.7621	-23.2641	-23.7660	
DIST ANGULAR	-6.09%	-6.24%	-6.37%	-6.49%	-6.63%	-6.72%	-6.88%	-7.02%	-7.11%	-7.27%	-7.43%	



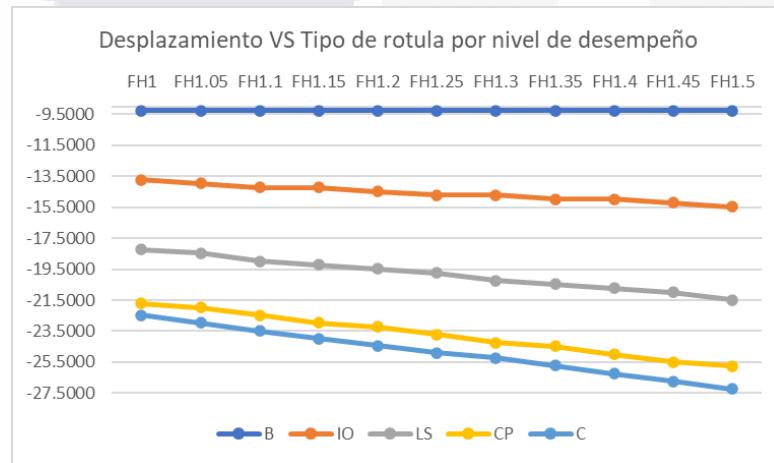
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			330		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	-8.6809	
DIST ANGULAR	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	-2.63%	
IO	-12.8189	-12.8197	-13.0705	-13.3213	-13.3221	-13.5729	-13.5736	-13.8244	-13.8250	-14.0758	-14.3266	
DIST ANGULAR	-3.88%	-3.88%	-3.96%	-4.04%	-4.04%	-4.11%	-4.11%	-4.19%	-4.19%	-4.27%	-4.34%	
LS	-16.8176	-17.0690	-17.3204	-17.5718	-17.8231	-18.0744	-18.3258	-18.8272	-19.0785	-19.3298	-19.5810	
DIST ANGULAR	-5.10%	-5.17%	-5.25%	-5.32%	-5.40%	-5.48%	-5.55%	-5.71%	-5.78%	-5.86%	-5.93%	
CP	-19.5667	-20.0685	-20.5703	-20.8221	-21.3239	-21.5757	-22.0775	-22.5793	-22.8309	-23.3328	-23.5844	
DIST ANGULAR	-5.93%	-6.08%	-6.23%	-6.31%	-6.46%	-6.54%	-6.69%	-6.84%	-6.92%	-7.07%	-7.15%	
C	-20.5404	-20.9734	-21.3203	-21.8222	-22.2750	-22.5760	-23.0779	-23.5767	-24.0106	-24.3335	-24.8354	
DIST ANGULAR	-6.22%	-6.36%	-6.46%	-6.61%	-6.75%	-6.84%	-6.99%	-7.14%	-7.28%	-7.37%	-7.53%	



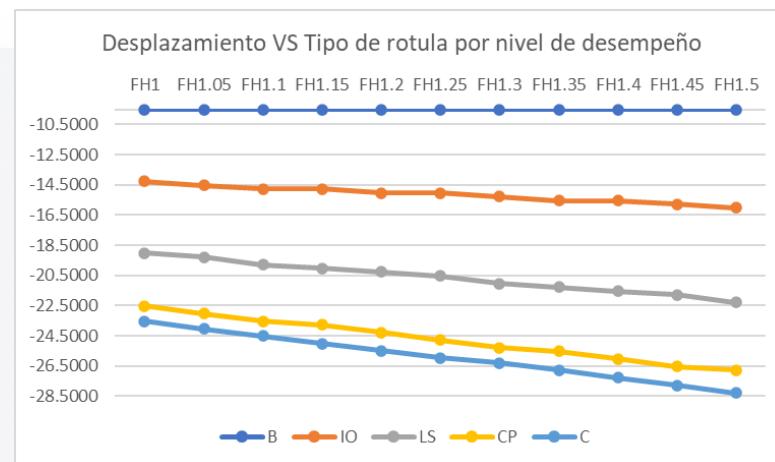
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			340		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	-8.9847	
DIST ANGULAR	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	-2.64%	
IO	-13.3943	-13.3951	-13.6459	-13.6466	-13.8974	-14.1482	-14.1488	-14.3996	-14.4002	-14.6510	-14.9018	
DIST ANGULAR	-3.94%	-3.94%	-4.01%	-4.01%	-4.09%	-4.16%	-4.16%	-4.24%	-4.24%	-4.31%	-4.38%	
LS	-17.3930	-17.8943	-18.1457	-18.3970	-18.6483	-18.8995	-19.4009	-19.6522	-19.9034	-20.1546	-20.4058	
DIST ANGULAR	-5.12%	-5.26%	-5.34%	-5.41%	-5.48%	-5.56%	-5.71%	-5.78%	-5.85%	-5.93%	-6.00%	
CP	-20.6420	-21.1437	-21.3955	-21.8972	-22.3990	-22.6506	-23.1524	-23.4040	-23.9057	-24.4074	-24.6590	
DIST ANGULAR	-6.07%	-6.22%	-6.29%	-6.44%	-6.59%	-6.66%	-6.81%	-6.88%	-7.03%	-7.18%	-7.25%	
C	-21.5612	-21.8936	-22.3954	-22.8973	-23.3565	-23.8055	-24.1528	-24.6546	-25.1528	-25.6019	-25.9099	
DIST ANGULAR	-6.34%	-6.44%	-6.59%	-6.73%	-6.87%	-7.00%	-7.10%	-7.25%	-7.40%	-7.53%	-7.62%	



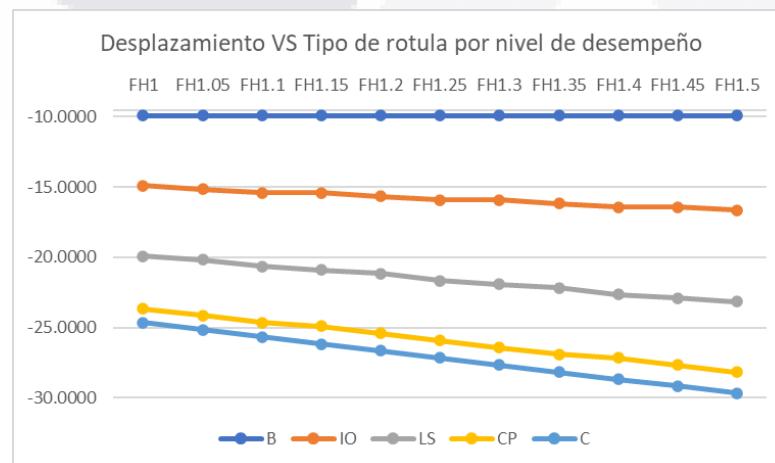
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			350		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	-9.2786	
DIST ANGULAR	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	
IO	-13.7247	-13.9754	-14.2261	-14.2269	-14.4776	-14.7283	-14.7290	-14.9797	-14.9803	-15.2311	-15.4818	
DIST ANGULAR	-3.92%	-3.99%	-4.06%	-4.06%	-4.14%	-4.21%	-4.21%	-4.28%	-4.28%	-4.35%	-4.42%	
LS	-18.2232	-18.4745	-18.9757	-19.2270	-19.4783	-19.7295	-20.2308	-20.4820	-20.7332	-20.9844	-21.4857	
DIST ANGULAR	-5.21%	-5.28%	-5.42%	-5.49%	-5.57%	-5.64%	-5.78%	-5.85%	-5.92%	-6.00%	-6.14%	
CP	-21.7221	-21.9738	-22.4755	-22.9772	-23.2288	-23.7305	-24.2321	-24.4837	-24.9853	-25.4870	-25.7385	
DIST ANGULAR	-6.21%	-6.28%	-6.42%	-6.56%	-6.64%	-6.78%	-6.92%	-7.00%	-7.14%	-7.28%	-7.35%	
C	-22.4718	-22.9736	-23.4754	-23.9772	-24.4455	-24.9092	-25.2324	-25.7342	-26.2360	-26.7377	-27.2394	
DIST ANGULAR	-6.42%	-6.56%	-6.71%	-6.85%	-6.98%	-7.12%	-7.21%	-7.35%	-7.50%	-7.64%	-7.78%	



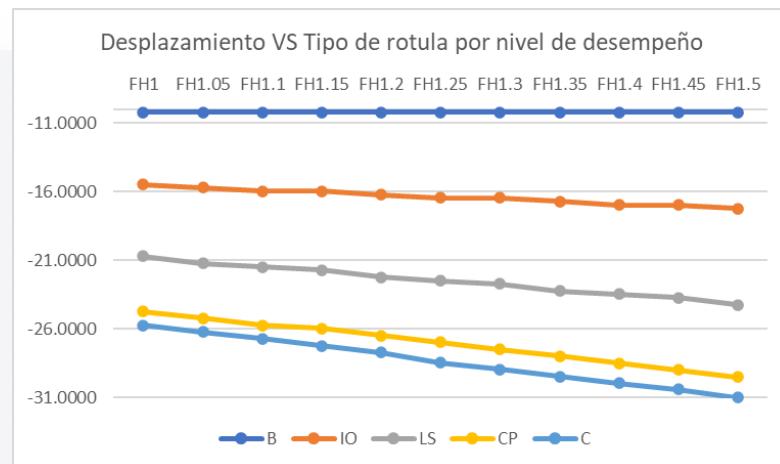
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			360		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	-9.5275	
DIST ANGULAR	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	
IO	-14.2764	-14.5268	-14.7773	-14.7779	-15.0284	-15.0289	-15.2794	-15.5299	-15.5304	-15.7810	-16.0315	
DIST ANGULAR	-3.97%	-4.04%	-4.10%	-4.10%	-4.17%	-4.17%	-4.24%	-4.31%	-4.31%	-4.38%	-4.45%	
LS	-19.0248	-19.2758	-19.7768	-20.0279	-20.2789	-20.5299	-21.0310	-21.2820	-21.5330	-21.7840	-22.2851	
DIST ANGULAR	-5.28%	-5.35%	-5.49%	-5.56%	-5.63%	-5.70%	-5.84%	-5.91%	-5.98%	-6.05%	-6.19%	
CP	-22.5237	-23.0250	-23.5265	-23.7779	-24.2793	-24.7807	-25.2821	-25.5335	-26.0349	-26.5364	-26.7877	
DIST ANGULAR	-6.26%	-6.40%	-6.54%	-6.60%	-6.74%	-6.88%	-7.02%	-7.09%	-7.23%	-7.37%	-7.44%	
C	-23.5233	-24.0248	-24.5264	-25.0230	-25.4989	-25.9748	-26.2824	-26.7839	-27.2855	-27.7870	-28.2885	
DIST ANGULAR	-6.53%	-6.67%	-6.81%	-6.95%	-7.08%	-7.22%	-7.30%	-7.44%	-7.58%	-7.72%	-7.86%	



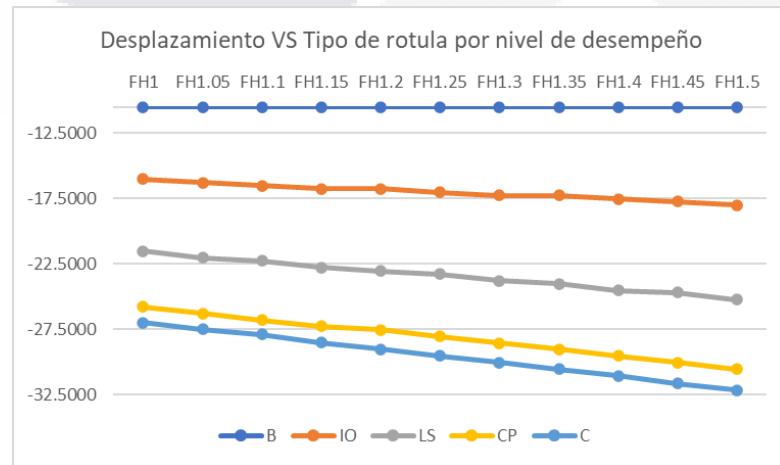
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			370		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	-9.9109	
DIST ANGULAR	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	-2.68%	
IO	-14.9030	-15.1536	-15.4043	-15.4049	-15.6555	-15.9062	-15.9067	-16.1574	-16.4080	-16.4085	-16.6591	
DIST ANGULAR	-4.03%	-4.10%	-4.16%	-4.16%	-4.23%	-4.30%	-4.30%	-4.37%	-4.43%	-4.43%	-4.50%	
LS	-19.9013	-20.1525	-20.6536	-20.9047	-21.1559	-21.6570	-21.9081	-22.1592	-22.6603	-22.9114	-23.1624	
DIST ANGULAR	-5.38%	-5.45%	-5.58%	-5.65%	-5.72%	-5.85%	-5.92%	-5.99%	-6.12%	-6.19%	-6.26%	
CP	-23.6501	-24.1516	-24.6531	-24.9046	-25.4061	-25.9076	-26.4091	-26.9106	-27.1620	-27.6635	-28.1650	
DIST ANGULAR	-6.39%	-6.53%	-6.66%	-6.73%	-6.87%	-7.00%	-7.14%	-7.27%	-7.34%	-7.48%	-7.61%	
C	-24.6498	-25.1514	-25.6530	-26.1546	-26.6562	-27.1578	-27.6594	-28.1610	-28.6626	-29.1641	-29.6657	
DIST ANGULAR	-6.66%	-6.80%	-6.93%	-7.07%	-7.20%	-7.34%	-7.48%	-7.61%	-7.75%	-7.88%	-8.02%	



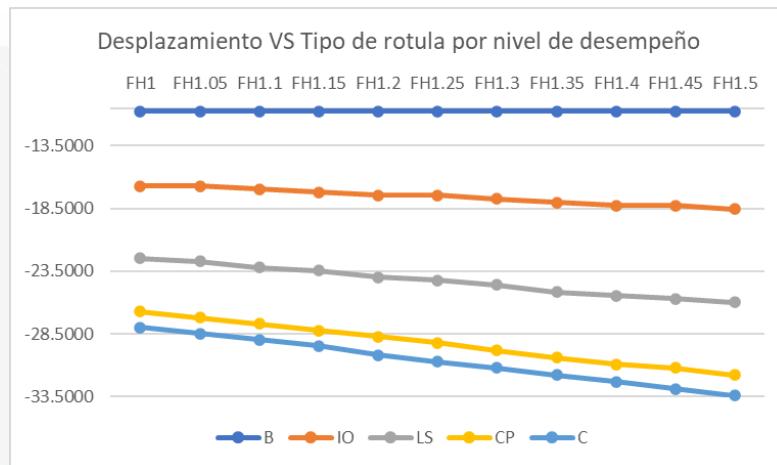
COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			380		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	-10.2243	
DIST ANGULAR	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	
IO	-15.4730	-15.7234	-15.9739	-15.9744	-16.2249	-16.4753	-16.4758	-16.7263	-16.9768	-16.9772	-17.2277	
DIST ANGULAR	-4.07%	-4.14%	-4.20%	-4.20%	-4.27%	-4.34%	-4.34%	-4.40%	-4.47%	-4.47%	-4.53%	
LS	-20.7212	-21.2221	-21.4731	-21.7241	-22.2250	-22.4760	-22.7269	-23.2279	-23.4788	-23.7298	-24.2308	
DIST ANGULAR	-5.45%	-5.58%	-5.65%	-5.72%	-5.85%	-5.91%	-5.98%	-6.11%	-6.18%	-6.24%	-6.38%	
CP	-24.7199	-25.2212	-25.7225	-25.9738	-26.4751	-26.9764	-27.4778	-27.9791	-28.4804	-28.9818	-29.4831	
DIST ANGULAR	-6.51%	-6.64%	-6.77%	-6.84%	-6.97%	-7.10%	-7.23%	-7.36%	-7.49%	-7.63%	-7.76%	
C	-25.7195	-26.2209	-26.7223	-27.2238	-27.7252	-28.4562	-28.9569	-29.4575	-29.9581	-30.3779	-30.9837	
DIST ANGULAR	-6.77%	-6.90%	-7.03%	-7.16%	-7.30%	-7.49%	-7.62%	-7.75%	-7.88%	-7.99%	-8.15%	



COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			390		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	-10.5251	
DIST ANGULAR	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	-2.70%	
IO	-16.0236	-16.2740	-16.5244	-16.7749	-16.7754	-17.0258	-17.2763	-17.2767	-17.5272	-17.7425	-18.0097	
DIST ANGULAR	-4.11%	-4.17%	-4.24%	-4.30%	-4.30%	-4.37%	-4.43%	-4.43%	-4.49%	-4.55%	-4.62%	
LS	-21.5217	-22.0226	-22.2735	-22.7744	-23.0253	-23.2763	-23.7772	-24.0281	-24.5291	-24.6781	-25.2124	
DIST ANGULAR	-5.52%	-5.65%	-5.71%	-5.84%	-5.90%	-5.97%	-6.10%	-6.16%	-6.29%	-6.33%	-6.46%	
CP	-25.7702	-26.2715	-26.7728	-27.2740	-27.5253	-28.0266	-28.5278	-29.0291	-29.5304	-30.0132	-30.5478	
DIST ANGULAR	-6.61%	-6.74%	-6.86%	-6.99%	-7.06%	-7.19%	-7.31%	-7.44%	-7.57%	-7.70%	-7.83%	
C	-27.0039	-27.5045	-27.8976	-28.5239	-29.0253	-29.5267	-30.0280	-30.5294	-31.0308	-31.6137	-32.1484	
DIST ANGULAR	-6.92%	-7.05%	-7.15%	-7.31%	-7.44%	-7.57%	-7.70%	-7.83%	-7.96%	-8.11%	-8.24%	

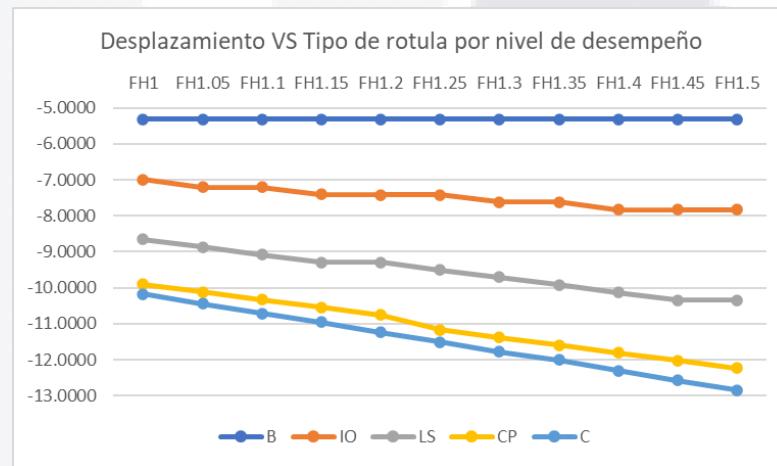


COLUMNA	18-35		TRABE		16-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			400	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741	-10.7741
DIST ANGULAR	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%
IO	-16.7137	-16.7142	-16.9645	-17.2149	-17.4653	-17.4657	-17.7335	-18.0089	-18.2844	-18.2848	-18.5603
DIST ANGULAR	-4.18%	-4.18%	-4.24%	-4.30%	-4.37%	-4.37%	-4.43%	-4.50%	-4.57%	-4.57%	-4.64%
LS	-22.4617	-22.7126	-23.2134	-23.4643	-23.9651	-24.2160	-24.6091	-25.1601	-25.4359	-25.7118	-25.9877
DIST ANGULAR	-5.62%	-5.68%	-5.80%	-5.87%	-5.99%	-6.05%	-6.15%	-6.29%	-6.36%	-6.43%	-6.50%
CP	-26.7103	-27.2114	-27.7126	-28.2138	-28.7150	-29.2162	-29.8347	-30.3859	-30.9371	-31.2133	-31.7645
DIST ANGULAR	-6.68%	-6.80%	-6.93%	-7.05%	-7.18%	-7.30%	-7.46%	-7.60%	-7.73%	-7.80%	-7.94%
C	-27.9598	-28.4611	-28.9624	-29.4637	-30.1848	-30.7162	-31.2098	-31.7611	-32.3124	-32.8638	-33.4151
DIST ANGULAR	-6.99%	-7.12%	-7.24%	-7.37%	-7.55%	-7.68%	-7.80%	-7.94%	-8.08%	-8.22%	-8.35%

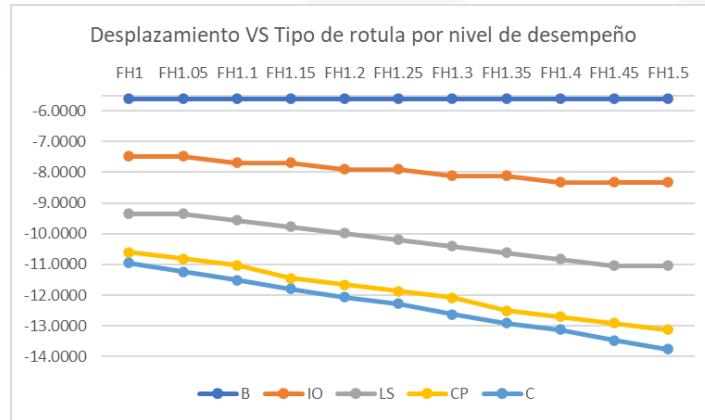


A.2 Marco Columna 16-40 y Trabe 14-30

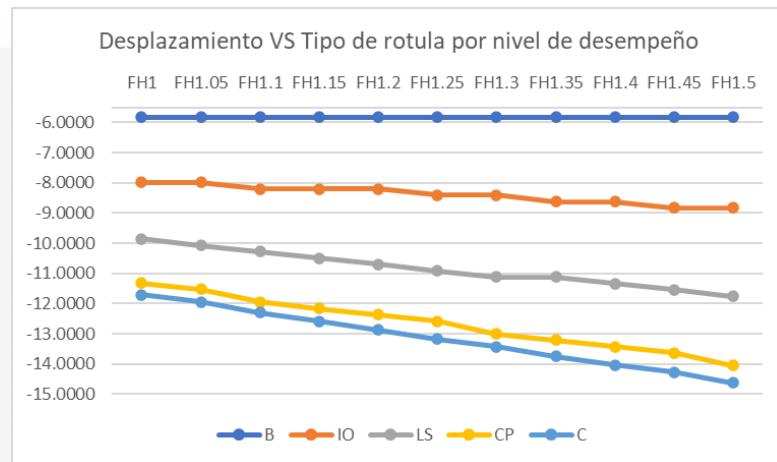
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			200		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	-5.3244	
DIST ANGULAR	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	-2.66%	
IO	-6.9906	-7.1999	-7.2009	-7.4104	-7.4112	-7.4120	-7.6216	-7.6224	-7.8320	-7.8327	-7.8334	
DIST ANGULAR	-3.50%	-3.60%	-3.60%	-3.71%	-3.71%	-3.71%	-3.81%	-3.81%	-3.92%	-3.92%	-3.92%	
LS	-8.6568	-8.8671	-9.0774	-9.2877	-9.2894	-9.4997	-9.7100	-9.9203	-10.1307	-10.3411	-10.3424	
DIST ANGULAR	-4.33%	-4.43%	-4.54%	-4.64%	-4.64%	-4.75%	-4.86%	-4.96%	-5.07%	-5.17%	-5.17%	
CP	-9.9065	-10.1175	-10.3284	-10.5393	-10.7502	-11.1698	-11.3807	-11.5916	-11.8025	-12.0133	-12.2241	
DIST ANGULAR	-4.95%	-5.06%	-5.16%	-5.27%	-5.38%	-5.58%	-5.69%	-5.80%	-5.90%	-6.01%	-6.11%	
C	-10.1737	-10.4393	-10.7054	-10.9565	-11.2377	-11.5038	-11.7700	-12.0094	-12.3023	-12.5684	-12.8346	
DIST ANGULAR	-5.09%	-5.22%	-5.35%	-5.48%	-5.62%	-5.75%	-5.88%	-6.00%	-6.15%	-6.28%	-6.42%	



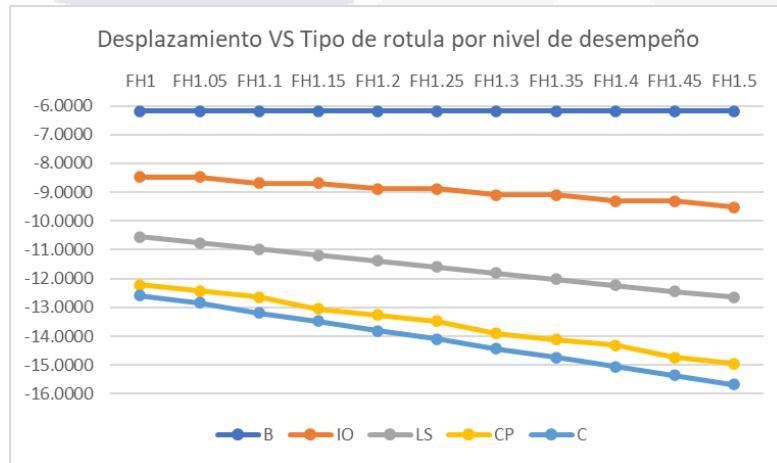
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			210		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	-5.6040	
DIST ANGULAR	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	-2.67%	
IO	-7.4785	-7.4795	-7.6888	-7.6896	-7.8990	-7.8998	-8.1093	-8.1100	-8.3195	-8.3202	-8.3208	
DIST ANGULAR	-3.56%	-3.56%	-3.66%	-3.66%	-3.76%	-3.76%	-3.86%	-3.86%	-3.96%	-3.96%	-3.96%	
LS	-9.3531	-9.3549	-9.5650	-9.7752	-9.9853	-10.1955	-10.4057	-10.6159	-10.8261	-11.0364	-11.0376	
DIST ANGULAR	-4.45%	-4.45%	-4.55%	-4.65%	-4.75%	-4.86%	-4.96%	-5.06%	-5.16%	-5.26%	-5.26%	
CP	-10.6027	-10.8135	-11.0243	-11.4436	-11.6544	-11.8651	-12.0759	-12.4954	-12.7061	-12.9168	-13.1274	
DIST ANGULAR	-5.05%	-5.15%	-5.25%	-5.45%	-5.55%	-5.65%	-5.75%	-5.95%	-6.05%	-6.15%	-6.25%	
C	-10.9490	-11.2285	-11.5086	-11.7887	-12.0688	-12.2826	-12.6291	-12.9092	-13.1239	-13.4694	-13.7496	
DIST ANGULAR	-5.21%	-5.35%	-5.48%	-5.61%	-5.75%	-5.85%	-6.01%	-6.15%	-6.25%	-6.41%	-6.55%	



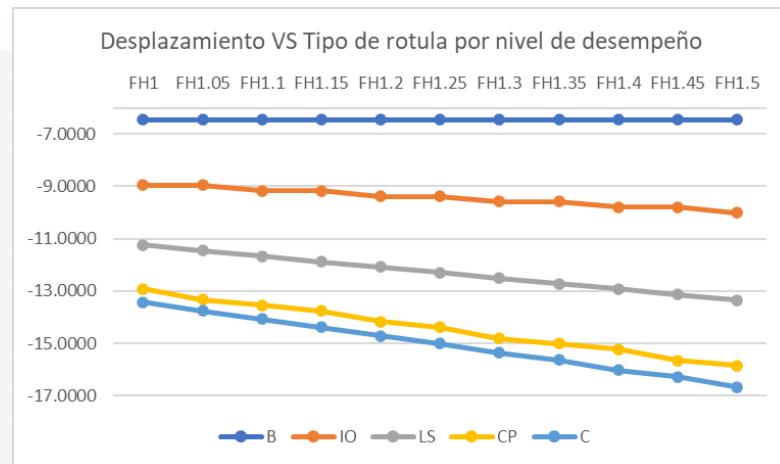
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			220		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	-5.8335	
DIST ANGULAR	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	-2.65%	
IO	-7.9880	-7.9892	-8.1989	-8.2000	-8.2011	-8.4107	-8.4117	-8.6214	-8.6223	-8.8320	-8.8328	
DIST ANGULAR	-3.63%	-3.63%	-3.73%	-3.73%	-3.73%	-3.82%	-3.82%	-3.92%	-3.92%	-4.01%	-4.01%	
LS	-9.8625	-10.0729	-10.2833	-10.4938	-10.7042	-10.9145	-11.1249	-11.1265	-11.3368	-11.5471	-11.7574	
DIST ANGULAR	-4.48%	-4.58%	-4.67%	-4.77%	-4.87%	-4.96%	-5.06%	-5.06%	-5.15%	-5.25%	-5.34%	
CP	-11.3204	-11.5315	-11.9509	-12.1619	-12.3729	-12.5837	-13.0033	-13.2141	-13.4249	-13.6357	-14.0553	
DIST ANGULAR	-5.15%	-5.24%	-5.43%	-5.53%	-5.62%	-5.72%	-5.91%	-6.01%	-6.10%	-6.20%	-6.39%	
C	-11.7093	-11.9482	-12.2920	-12.5790	-12.8750	-13.1665	-13.4207	-13.7491	-14.0404	-14.2622	-14.6226	
DIST ANGULAR	-5.32%	-5.43%	-5.59%	-5.72%	-5.85%	-5.98%	-6.10%	-6.25%	-6.38%	-6.48%	-6.65%	



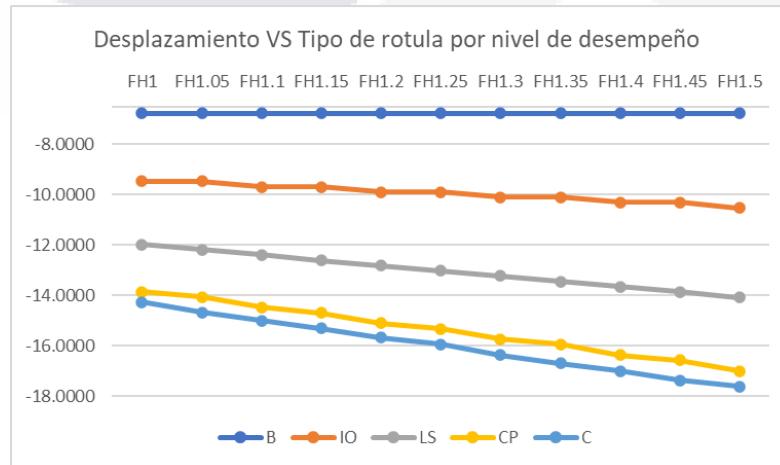
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			230		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	-6.1757	
DIST ANGULAR	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	
IO	-8.4667	-8.4676	-8.6768	-8.6776	-8.8868	-8.8875	-9.0969	-9.0975	-9.3069	-9.3075	-9.5169	
DIST ANGULAR	-3.68%	-3.68%	-3.77%	-3.77%	-3.86%	-3.86%	-3.96%	-3.96%	-4.05%	-4.05%	-4.14%	
LS	-10.5495	-10.7595	-10.9695	-11.1794	-11.3894	-11.5994	-11.8094	-12.0194	-12.2294	-12.4394	-12.6493	
DIST ANGULAR	-4.59%	-4.68%	-4.77%	-4.86%	-4.95%	-5.04%	-5.13%	-5.23%	-5.32%	-5.41%	-5.50%	
CP	-12.2157	-12.4263	-12.6369	-13.0559	-13.2664	-13.4769	-13.8960	-14.1064	-14.3168	-14.7360	-14.9464	
DIST ANGULAR	-5.31%	-5.40%	-5.49%	-5.68%	-5.77%	-5.86%	-6.04%	-6.13%	-6.22%	-6.41%	-6.50%	
C	-12.5830	-12.8430	-13.1997	-13.4728	-13.8170	-14.1027	-14.4343	-14.7325	-15.0516	-15.3603	-15.6690	
DIST ANGULAR	-5.47%	-5.58%	-5.74%	-5.86%	-6.01%	-6.13%	-6.28%	-6.41%	-6.54%	-6.68%	-6.81%	



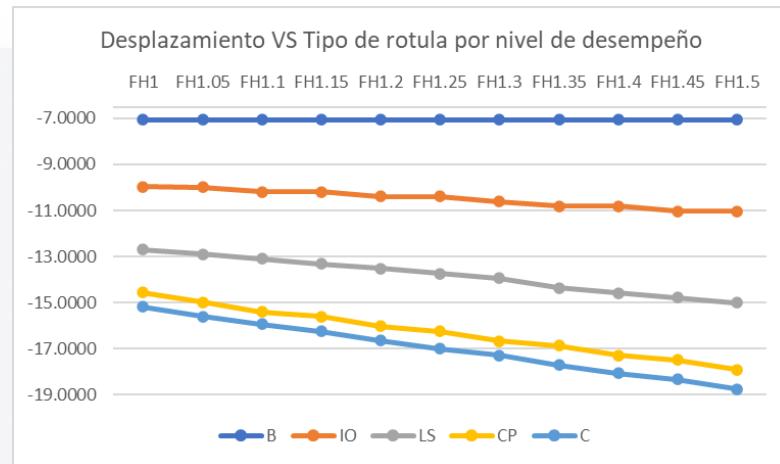
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			240		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	-6.4557	
DIST ANGULAR	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	-2.69%	
IO	-8.9551	-8.9559	-9.1650	-9.1658	-9.3750	-9.3757	-9.5849	-9.5856	-9.7949	-9.7954	-10.0048	
DIST ANGULAR	-3.73%	-3.73%	-3.82%	-3.82%	-3.91%	-3.91%	-3.99%	-3.99%	-4.08%	-4.08%	-4.17%	
LS	-11.2461	-11.4560	-11.6659	-11.8758	-12.0857	-12.2956	-12.5055	-12.7154	-12.9253	-13.1351	-13.3450	
DIST ANGULAR	-4.69%	-4.77%	-4.86%	-4.95%	-5.04%	-5.12%	-5.21%	-5.30%	-5.39%	-5.47%	-5.56%	
CP	-12.9123	-13.3311	-13.5416	-13.7520	-14.1709	-14.3813	-14.8002	-15.0106	-15.2209	-15.6399	-15.8502	
DIST ANGULAR	-5.38%	-5.55%	-5.64%	-5.73%	-5.90%	-5.99%	-6.17%	-6.25%	-6.34%	-6.52%	-6.60%	
C	-13.4296	-13.7478	-14.0742	-14.3774	-14.7193	-15.0070	-15.3645	-15.6365	-16.0097	-16.2661	-16.6548	
DIST ANGULAR	-5.60%	-5.73%	-5.86%	-5.99%	-6.13%	-6.25%	-6.40%	-6.52%	-6.67%	-6.78%	-6.94%	



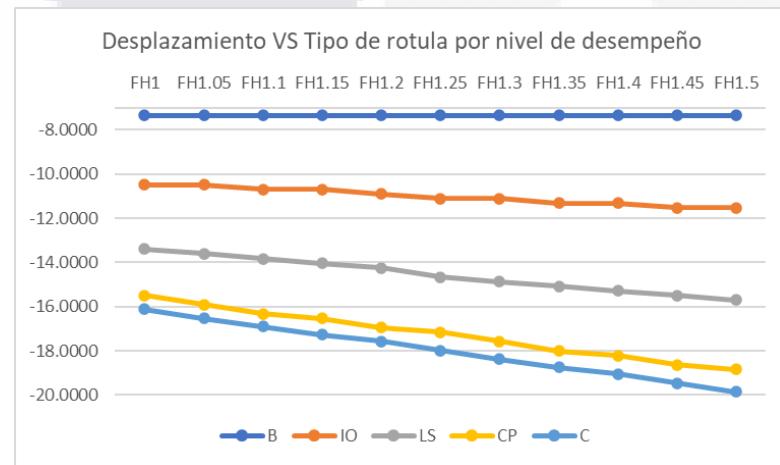
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			250		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	-6.7629	
DIST ANGULAR	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	-2.71%	
IO	-9.4705	-9.4713	-9.6804	-9.6811	-9.8903	-9.8909	-10.1001	-10.1007	-10.3099	-10.3105	-10.5198	
DIST ANGULAR	-3.79%	-3.79%	-3.87%	-3.87%	-3.96%	-3.96%	-4.04%	-4.04%	-4.12%	-4.12%	-4.21%	
LS	-11.9698	-12.1796	-12.3895	-12.5993	-12.8091	-13.0189	-13.2287	-13.4385	-13.6483	-13.8581	-14.0679	
DIST ANGULAR	-4.79%	-4.87%	-4.96%	-5.04%	-5.12%	-5.21%	-5.29%	-5.38%	-5.46%	-5.54%	-5.63%	
CP	-13.8443	-14.0547	-14.4734	-14.6837	-15.1025	-15.3128	-15.7316	-15.9419	-16.3608	-16.5710	-16.9899	
DIST ANGULAR	-5.54%	-5.62%	-5.79%	-5.87%	-6.04%	-6.13%	-6.29%	-6.38%	-6.54%	-6.63%	-6.80%	
C	-14.2608	-14.6639	-15.0019	-15.3091	-15.6778	-15.9384	-16.3538	-16.6918	-16.9867	-17.3678	-17.6160	
DIST ANGULAR	-5.70%	-5.87%	-6.00%	-6.12%	-6.27%	-6.38%	-6.54%	-6.68%	-6.79%	-6.95%	-7.05%	



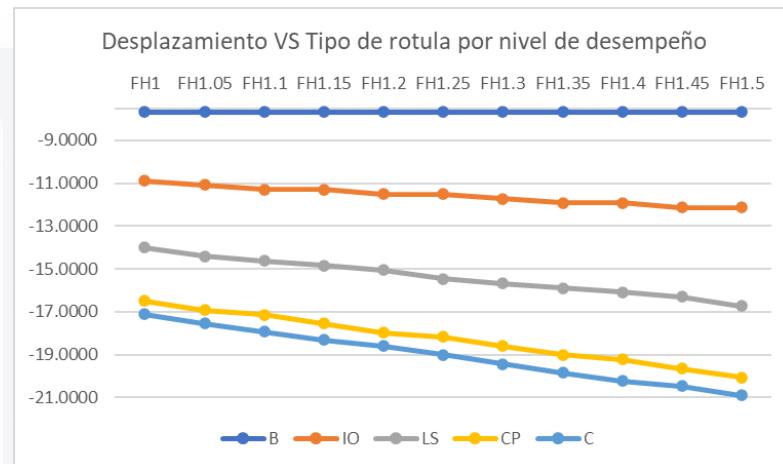
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			260		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	-7.0621	
DIST ANGULAR	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	-2.72%	
IO	-9.9780	-9.9787	-10.1878	-10.1885	-10.3976	-10.3982	-10.6073	-10.8165	-10.8171	-11.0263	-11.0268	
DIST ANGULAR	-3.84%	-3.84%	-3.92%	-3.92%	-4.00%	-4.00%	-4.08%	-4.16%	-4.16%	-4.24%	-4.24%	
LS	-12.6855	-12.8953	-13.1051	-13.3148	-13.5246	-13.7343	-13.9440	-14.3623	-14.5721	-14.7818	-14.9915	
DIST ANGULAR	-4.88%	-4.96%	-5.04%	-5.12%	-5.20%	-5.28%	-5.36%	-5.52%	-5.60%	-5.69%	-5.77%	
CP	-14.5600	-14.9786	-15.3972	-15.6075	-16.0262	-16.2364	-16.6551	-16.8652	-17.2840	-17.4941	-17.9129	
DIST ANGULAR	-5.60%	-5.76%	-5.92%	-6.00%	-6.16%	-6.24%	-6.41%	-6.49%	-6.65%	-6.73%	-6.89%	
C	-15.1848	-15.5911	-15.9440	-16.2328	-16.6498	-17.0027	-17.2807	-17.6996	-18.0616	-18.3287	-18.7475	
DIST ANGULAR	-5.84%	-6.00%	-6.13%	-6.24%	-6.40%	-6.54%	-6.65%	-6.81%	-6.95%	-7.05%	-7.21%	



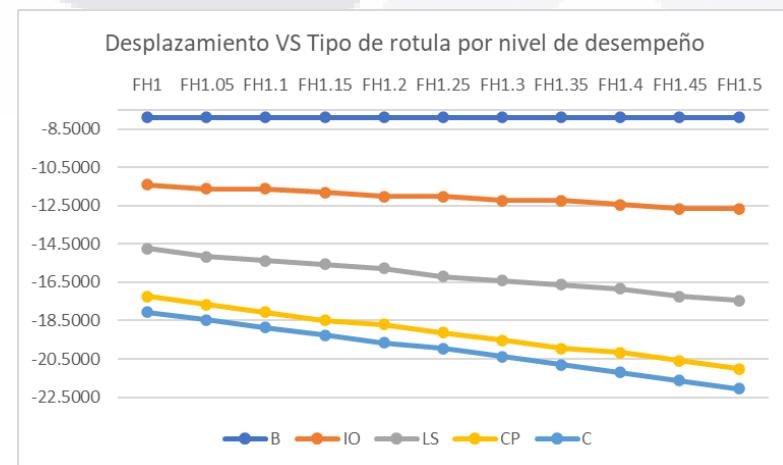
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			270		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	-7.3649	
DIST ANGULAR	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	
IO	-10.4890	-10.4897	-10.6988	-10.6994	-10.9085	-11.1176	-11.1182	-11.3273	-11.3278	-11.5370	-11.5375	
DIST ANGULAR	-3.88%	-3.89%	-3.96%	-3.96%	-4.04%	-4.12%	-4.12%	-4.20%	-4.20%	-4.27%	-4.27%	
LS	-13.4048	-13.6145	-13.8242	-14.0339	-14.2436	-14.6617	-14.8714	-15.0811	-15.2908	-15.5004	-15.7100	
DIST ANGULAR	-4.96%	-5.04%	-5.12%	-5.20%	-5.28%	-5.43%	-5.51%	-5.59%	-5.66%	-5.74%	-5.82%	
CP	-15.4876	-15.9061	-16.3246	-16.5348	-16.9534	-17.1635	-17.5821	-18.0007	-18.2108	-18.6294	-18.8395	
DIST ANGULAR	-5.74%	-5.89%	-6.05%	-6.12%	-6.28%	-6.36%	-6.51%	-6.67%	-6.74%	-6.90%	-6.98%	
C	-16.1124	-16.5310	-16.9131	-17.2811	-17.5787	-17.9974	-18.3853	-18.7533	-19.0451	-19.4638	-19.8576	
DIST ANGULAR	-5.97%	-6.12%	-6.26%	-6.40%	-6.51%	-6.67%	-6.81%	-6.95%	-7.05%	-7.21%	-7.35%	



COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			280		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	-7.6712	
DIST ANGULAR	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	-2.74%	
IO	-10.8739	-11.0831	-11.2923	-11.2932	-11.5024	-11.5031	-11.7123	-11.9216	-11.9222	-12.1315	-12.1321	
DIST ANGULAR	-3.88%	-3.96%	-4.03%	-4.03%	-4.11%	-4.11%	-4.18%	-4.26%	-4.26%	-4.33%	-4.33%	
LS	-13.9980	-14.4161	-14.6260	-14.8358	-15.0456	-15.4639	-15.6737	-15.8834	-16.0932	-16.3029	-16.7212	
DIST ANGULAR	-5.00%	-5.15%	-5.22%	-5.30%	-5.37%	-5.52%	-5.60%	-5.67%	-5.75%	-5.82%	-5.97%	
CP	-16.4972	-16.9159	-17.1263	-17.5449	-17.9636	-18.1739	-18.5925	-19.0112	-19.2213	-19.6400	-20.0587	
DIST ANGULAR	-5.89%	-6.04%	-6.12%	-6.27%	-6.42%	-6.49%	-6.64%	-6.79%	-6.86%	-7.01%	-7.16%	
C	-17.1221	-17.5326	-17.9160	-18.2994	-18.5889	-19.0077	-19.4265	-19.8331	-20.2166	-20.4743	-20.8931	
DIST ANGULAR	-6.12%	-6.26%	-6.40%	-6.54%	-6.64%	-6.79%	-6.94%	-7.08%	-7.22%	-7.31%	-7.46%	

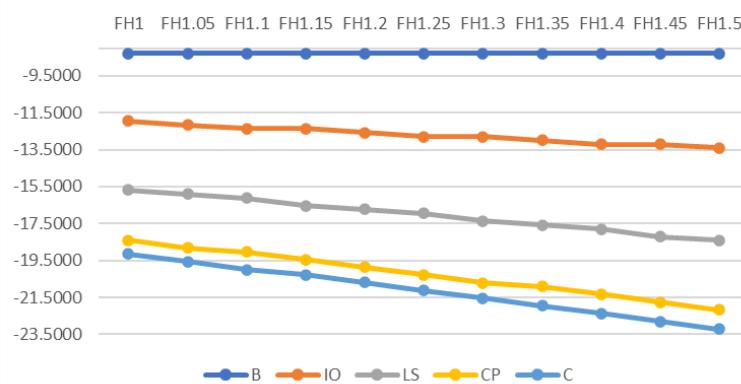


COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			290		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	-7.9073	
DIST ANGULAR	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	-2.73%	
IO	-11.4009	-11.6102	-11.6112	-11.8205	-12.0299	-12.0307	-12.2400	-12.2408	-12.4501	-12.6594	-12.6601	
DIST ANGULAR	-3.93%	-4.00%	-4.00%	-4.08%	-4.15%	-4.15%	-4.22%	-4.22%	-4.29%	-4.37%	-4.37%	
LS	-14.7332	-15.1515	-15.3615	-15.5714	-15.7813	-16.1996	-16.4094	-16.6192	-16.8290	-17.2473	-17.4571	
DIST ANGULAR	-5.08%	-5.22%	-5.30%	-5.37%	-5.44%	-5.59%	-5.66%	-5.73%	-5.80%	-5.95%	-6.02%	
CP	-17.2325	-17.6512	-18.0700	-18.4887	-18.6990	-19.1177	-19.5364	-19.9551	-20.1653	-20.5840	-21.0026	
DIST ANGULAR	-5.94%	-6.09%	-6.23%	-6.38%	-6.45%	-6.59%	-6.74%	-6.88%	-6.95%	-7.10%	-7.24%	
C	-18.0656	-18.4677	-18.8628	-19.2579	-19.6529	-19.9515	-20.3703	-20.7891	-21.2079	-21.6266	-22.0465	
DIST ANGULAR	-6.23%	-6.37%	-6.50%	-6.64%	-6.78%	-6.88%	-7.02%	-7.17%	-7.31%	-7.46%	-7.60%	



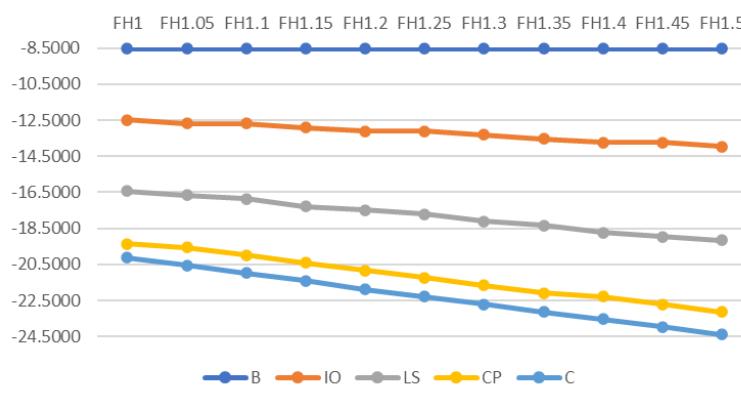
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	-8.2937	
DIST ANGULAR	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	-2.76%	
IO	-11.9441	-12.1532	-12.3624	-12.3632	-12.5723	-12.7815	-12.7822	-12.9913	-13.2005	-13.2011	-13.4103	
DIST ANGULAR	-3.98%	-4.05%	-4.12%	-4.12%	-4.19%	-4.26%	-4.26%	-4.33%	-4.40%	-4.40%	-4.47%	
LS	-15.6929	-15.9027	-16.1125	-16.5306	-16.7403	-16.9500	-17.3681	-17.5778	-17.7874	-18.2055	-18.4152	
DIST ANGULAR	-5.23%	-5.30%	-5.37%	-5.51%	-5.58%	-5.65%	-5.79%	-5.86%	-5.93%	-6.07%	-6.14%	
CP	-18.4005	-18.8190	-19.0292	-19.4477	-19.8663	-20.2848	-20.7033	-20.9133	-21.3318	-21.7503	-22.1688	
DIST ANGULAR	-6.13%	-6.27%	-6.34%	-6.48%	-6.62%	-6.76%	-6.90%	-6.97%	-7.11%	-7.25%	-7.39%	
C	-19.1585	-19.5722	-19.9867	-20.2812	-20.6999	-21.1185	-21.5371	-21.9557	-22.3743	-22.7929	-23.2115	
DIST ANGULAR	-6.39%	-6.52%	-6.66%	-6.76%	-6.90%	-7.04%	-7.18%	-7.32%	-7.46%	-7.60%	-7.74%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño



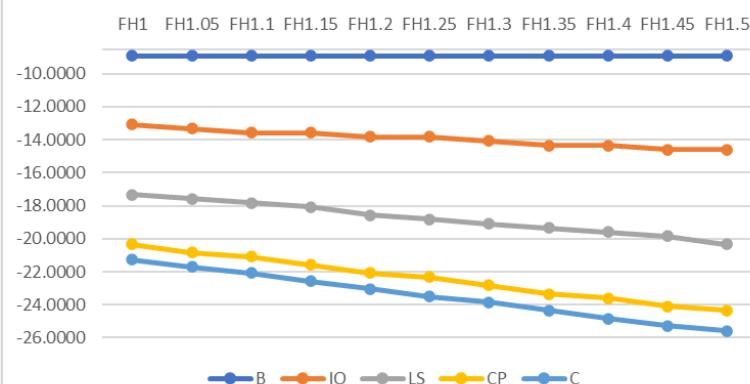
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			310		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	-8.5301	
DIST ANGULAR	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	-2.75%	
IO	-12.4828	-12.6921	-12.6930	-12.9022	-13.1115	-13.1123	-13.3215	-13.5307	-13.7399	-13.7406	-13.9498	
DIST ANGULAR	-4.03%	-4.09%	-4.09%	-4.16%	-4.23%	-4.23%	-4.30%	-4.36%	-4.43%	-4.43%	-4.50%	
LS	-16.4399	-16.6498	-16.8596	-17.2778	-17.4875	-17.6973	-18.1154	-18.3251	-18.7433	-18.9529	-19.1626	
DIST ANGULAR	-5.30%	-5.37%	-5.44%	-5.57%	-5.64%	-5.71%	-5.84%	-5.91%	-6.05%	-6.11%	-6.18%	
CP	-19.3557	-19.5660	-19.9846	-20.4032	-20.8217	-21.2402	-21.6588	-22.0773	-22.2873	-22.7058	-23.1243	
DIST ANGULAR	-6.24%	-6.31%	-6.45%	-6.58%	-6.72%	-6.85%	-6.99%	-7.12%	-7.19%	-7.32%	-7.46%	
C	-20.1253	-20.5508	-20.9770	-21.4032	-21.8821	-22.2832	-22.7019	-23.1206	-23.5392	-23.9568	-24.3754	
DIST ANGULAR	-6.49%	-6.63%	-6.77%	-6.90%	-7.06%	-7.19%	-7.32%	-7.46%	-7.59%	-7.73%	-7.86%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño



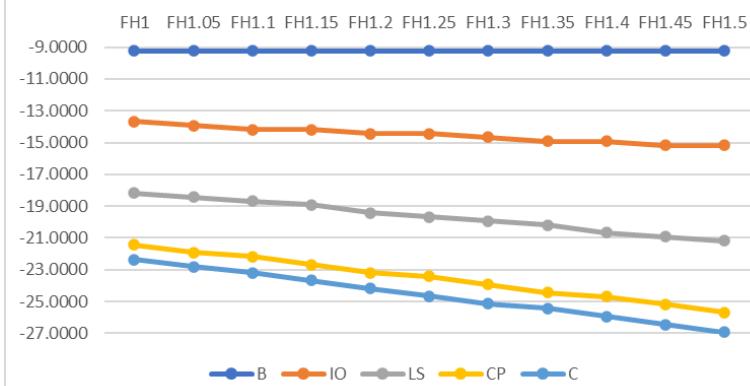
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			320		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	-8.9289	
DIST ANGULAR	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	-2.79%	
IO	-13.0778	-13.3286	-13.5794	-13.5801	-13.8309	-13.8316	-14.0824	-14.3331	-14.3338	-14.5845	-14.5851	
DIST ANGULAR	-4.09%	-4.17%	-4.24%	-4.24%	-4.32%	-4.32%	-4.40%	-4.48%	-4.48%	-4.56%	-4.56%	
LS	-17.3265	-17.5779	-17.8292	-18.0805	-18.5818	-18.8331	-19.0844	-19.3356	-19.5869	-19.8381	-20.3395	
DIST ANGULAR	-5.41%	-5.49%	-5.57%	-5.65%	-5.81%	-5.89%	-5.96%	-6.04%	-6.12%	-6.20%	-6.36%	
CP	-20.3256	-20.8273	-21.0791	-21.5808	-22.0825	-22.3342	-22.8359	-23.3376	-23.5892	-24.0910	-24.3425	
DIST ANGULAR	-6.35%	-6.51%	-6.59%	-6.74%	-6.90%	-6.98%	-7.14%	-7.29%	-7.37%	-7.53%	-7.61%	
C	-21.2673	-21.7127	-22.0790	-22.5809	-23.0515	-23.4978	-23.8363	-24.3381	-24.8367	-25.2830	-25.5935	
DIST ANGULAR	-6.65%	-6.79%	-6.90%	-7.06%	-7.20%	-7.34%	-7.45%	-7.61%	-7.76%	-7.90%	-8.00%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño

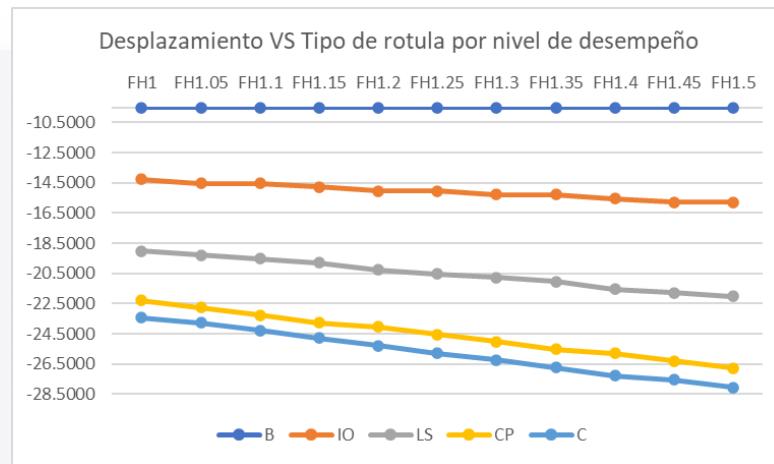


COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			330		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	-9.2509	
DIST ANGULAR	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	
IO	-13.6741	-13.9248	-14.1756	-14.1763	-14.4270	-14.4277	-14.6784	-14.9291	-14.9298	-15.1805	-15.1810	
DIST ANGULAR	-4.14%	-4.22%	-4.30%	-4.30%	-4.37%	-4.37%	-4.45%	-4.52%	-4.52%	-4.60%	-4.60%	
LS	-18.1727	-18.4240	-18.6753	-18.9265	-19.4278	-19.6790	-19.9302	-20.1814	-20.6827	-20.9339	-21.1850	
DIST ANGULAR	-5.51%	-5.58%	-5.66%	-5.74%	-5.89%	-5.96%	-6.04%	-6.12%	-6.27%	-6.34%	-6.42%	
CP	-21.4216	-21.9233	-22.1750	-22.6767	-23.1783	-23.4299	-23.9316	-24.4332	-24.6847	-25.1864	-25.6880	
DIST ANGULAR	-6.49%	-6.64%	-6.72%	-6.87%	-7.02%	-7.10%	-7.25%	-7.40%	-7.48%	-7.63%	-7.78%	
C	-22.3582	-22.8196	-23.1749	-23.6767	-24.1785	-24.6691	-25.1315	-25.4337	-25.9354	-26.4371	-26.9389	
DIST ANGULAR	-6.78%	-6.92%	-7.02%	-7.17%	-7.33%	-7.48%	-7.62%	-7.71%	-7.86%	-8.01%	-8.16%	

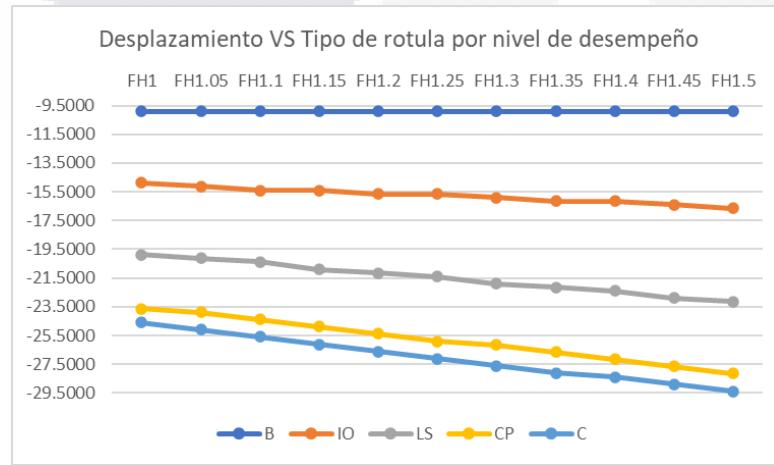
Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño



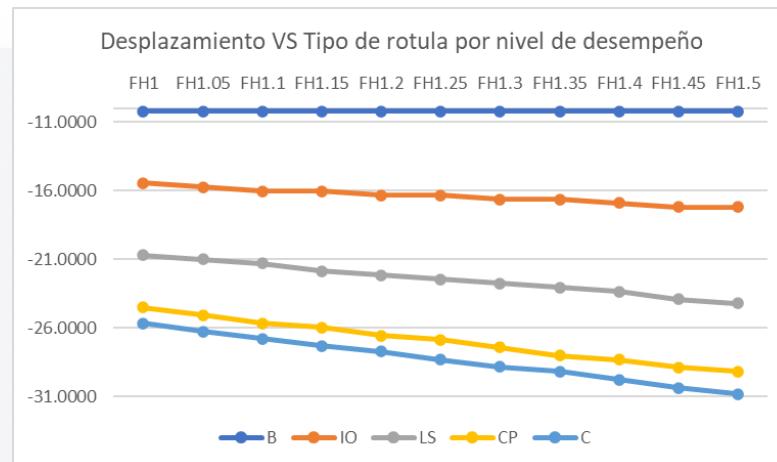
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			340		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	-9.5273	
DIST ANGULAR	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	-2.80%	
IO	-14.2747	-14.5255	-14.5262	-14.7769	-15.0277	-15.0283	-15.2791	-15.2797	-15.5303	-15.7808	-15.7813	
DIST ANGULAR	-4.20%	-4.27%	-4.27%	-4.35%	-4.42%	-4.42%	-4.49%	-4.49%	-4.57%	-4.64%	-4.64%	
LS	-19.0232	-19.2745	-19.5258	-19.7770	-20.2782	-20.5294	-20.7806	-21.0318	-21.5329	-21.7839	-22.0349	
DIST ANGULAR	-5.60%	-5.67%	-5.74%	-5.82%	-5.96%	-6.04%	-6.11%	-6.19%	-6.33%	-6.41%	-6.48%	
CP	-22.2722	-22.7738	-23.2754	-23.7770	-24.0286	-24.5302	-25.0318	-25.5334	-25.7848	-26.2862	-26.7876	
DIST ANGULAR	-6.55%	-6.70%	-6.85%	-6.99%	-7.07%	-7.21%	-7.36%	-7.51%	-7.58%	-7.73%	-7.88%	
C	-23.4257	-23.7736	-24.2753	-24.7770	-25.2787	-25.7805	-26.2364	-26.7381	-27.2618	-27.5368	-28.0384	
DIST ANGULAR	-6.89%	-6.99%	-7.14%	-7.29%	-7.43%	-7.58%	-7.72%	-7.86%	-8.02%	-8.10%	-8.25%	



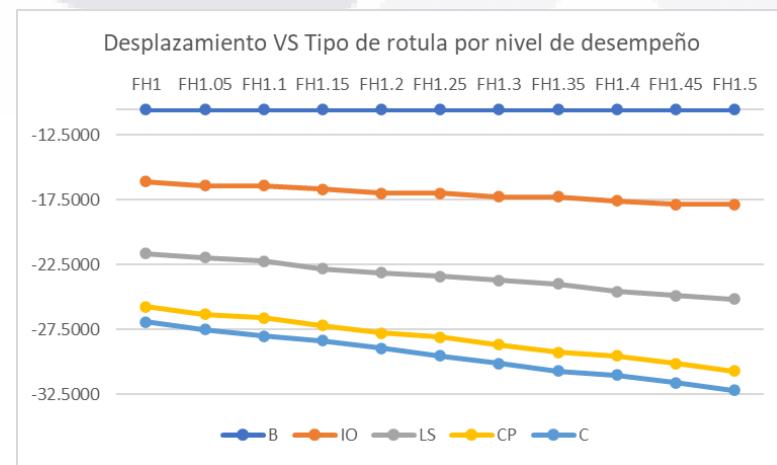
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			350		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	-9.9033	
DIST ANGULAR	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	-2.83%	
IO	-14.8846	-15.1352	-15.3858	-15.3865	-15.6371	-15.6377	-15.8883	-16.1390	-16.1395	-16.3901	-16.6408	
DIST ANGULAR	-4.25%	-4.32%	-4.40%	-4.40%	-4.47%	-4.47%	-4.54%	-4.61%	-4.61%	-4.68%	-4.75%	
LS	-19.8829	-20.1341	-20.3852	-20.8864	-21.1375	-21.3886	-21.8897	-22.1408	-22.3919	-22.8930	-23.1441	
DIST ANGULAR	-5.68%	-5.75%	-5.82%	-5.97%	-6.04%	-6.11%	-6.25%	-6.33%	-6.40%	-6.54%	-6.61%	
CP	-23.6317	-23.8833	-24.3848	-24.8863	-25.3878	-25.8893	-26.1407	-26.6422	-27.1437	-27.6451	-28.1466	
DIST ANGULAR	-6.75%	-6.82%	-6.97%	-7.11%	-7.25%	-7.40%	-7.47%	-7.61%	-7.76%	-7.90%	-8.04%	
C	-24.6103	-25.1043	-25.5993	-26.1173	-26.6180	-27.1188	-27.6196	-28.1204	-28.3941	-28.8957	-29.3972	
DIST ANGULAR	-7.03%	-7.17%	-7.31%	-7.46%	-7.61%	-7.75%	-7.89%	-8.03%	-8.11%	-8.26%	-8.40%	



COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			360		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	-10.2334	
DIST ANGULAR	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	-2.84%	
IO	-15.4575	-15.7497	-16.0419	-16.0425	-16.3348	-16.3353	-16.6276	-16.6281	-16.9203	-17.2126	-17.2131	
DIST ANGULAR	-4.29%	-4.37%	-4.46%	-4.46%	-4.54%	-4.54%	-4.62%	-4.62%	-4.70%	-4.78%	-4.78%	
LS	-20.7057	-20.9985	-21.2912	-21.8756	-22.1683	-22.4610	-22.7537	-23.0464	-23.3391	-23.9235	-24.2162	
DIST ANGULAR	-5.75%	-5.83%	-5.91%	-6.08%	-6.16%	-6.24%	-6.32%	-6.40%	-6.48%	-6.65%	-6.73%	
CP	-24.4962	-25.0809	-25.6656	-25.9587	-26.5434	-26.8365	-27.4212	-28.0060	-28.2990	-28.8837	-29.1767	
DIST ANGULAR	-6.80%	-6.97%	-7.13%	-7.21%	-7.37%	-7.45%	-7.62%	-7.78%	-7.86%	-8.02%	-8.10%	
C	-25.6624	-26.2473	-26.7924	-27.3039	-27.7101	-28.2950	-28.8386	-29.1729	-29.7578	-30.3426	-30.8055	
DIST ANGULAR	-7.13%	-7.29%	-7.44%	-7.58%	-7.70%	-7.86%	-8.01%	-8.10%	-8.27%	-8.43%	-8.56%	

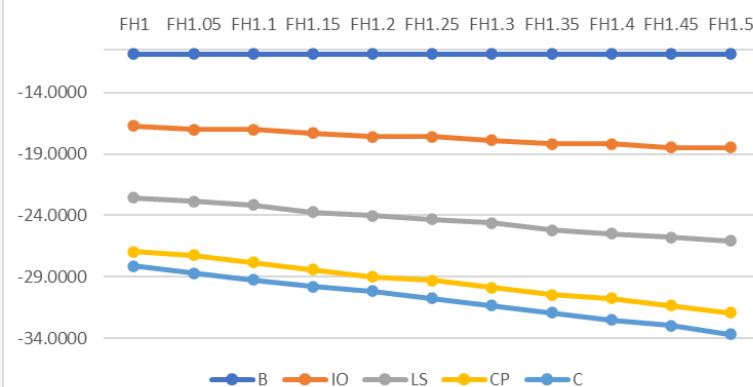


COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			370		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	-10.5659	
DIST ANGULAR	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	-2.86%	
IO	-16.1061	-16.3982	-16.3987	-16.6908	-16.9829	-16.9834	-17.2755	-17.2759	-17.5681	-17.8602	-17.8606	
DIST ANGULAR	-4.35%	-4.43%	-4.43%	-4.51%	-4.59%	-4.59%	-4.67%	-4.67%	-4.75%	-4.83%	-4.83%	
LS	-21.6459	-21.9385	-22.2311	-22.8153	-23.1079	-23.4005	-23.6931	-23.9856	-24.5699	-24.8625	-25.1550	
DIST ANGULAR	-5.85%	-5.93%	-6.01%	-6.17%	-6.25%	-6.32%	-6.40%	-6.48%	-6.64%	-6.72%	-6.80%	
CP	-25.7279	-26.3125	-26.6054	-27.1900	-27.7746	-28.0675	-28.6521	-29.2367	-29.5296	-30.1142	-30.6988	
DIST ANGULAR	-6.95%	-7.11%	-7.19%	-7.35%	-7.51%	-7.59%	-7.74%	-7.90%	-7.98%	-8.14%	-8.30%	
C	-26.8942	-27.4788	-28.0074	-28.3566	-28.9412	-29.5259	-30.1106	-30.6742	-30.9883	-31.5730	-32.1577	
DIST ANGULAR	-7.27%	-7.43%	-7.57%	-7.66%	-7.82%	-7.98%	-8.14%	-8.29%	-8.38%	-8.53%	-8.69%	



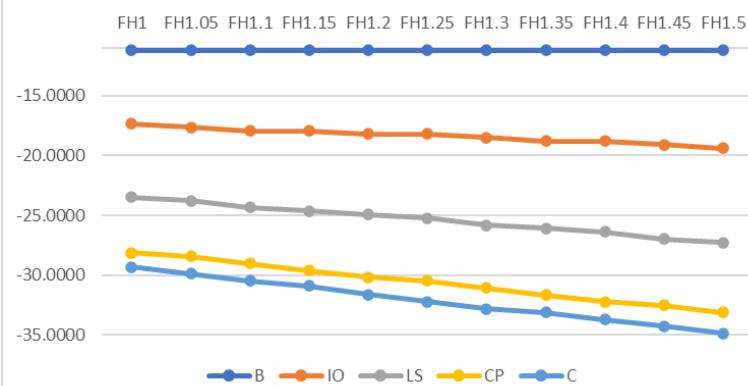
COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			380		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	-10.9006	
DIST ANGULAR	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	-2.87%	
IO	-16.7324	-17.0245	-17.0249	-17.3170	-17.6091	-17.6096	-17.9017	-18.1938	-18.1942	-18.4863	-18.4867	
DIST ANGULAR	-4.40%	-4.48%	-4.48%	-4.56%	-4.63%	-4.63%	-4.71%	-4.79%	-4.79%	-4.86%	-4.86%	
LS	-22.5638	-22.8563	-23.1489	-23.7330	-24.0256	-24.3181	-24.6107	-25.1949	-25.4874	-25.7800	-26.0725	
DIST ANGULAR	-5.94%	-6.01%	-6.09%	-6.25%	-6.32%	-6.40%	-6.48%	-6.63%	-6.71%	-6.78%	-6.86%	
CP	-26.9373	-27.2302	-27.8147	-28.3992	-28.9838	-29.2767	-29.8612	-30.4457	-30.7386	-31.3231	-31.9077	
DIST ANGULAR	-7.09%	-7.17%	-7.32%	-7.47%	-7.63%	-7.70%	-7.86%	-8.01%	-8.09%	-8.24%	-8.40%	
C	-28.1036	-28.6882	-29.2440	-29.7890	-30.1504	-30.7350	-31.3197	-31.9043	-32.4890	-32.9563	-33.6354	
DIST ANGULAR	-7.40%	-7.55%	-7.70%	-7.84%	-7.93%	-8.09%	-8.24%	-8.40%	-8.55%	-8.67%	-8.85%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño

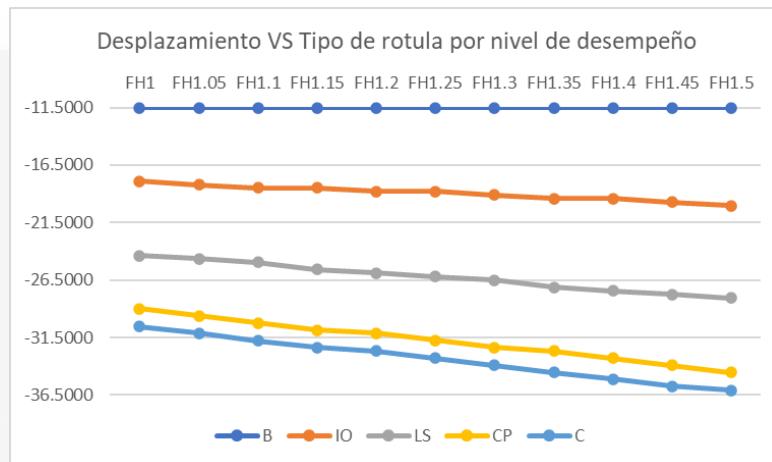


COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			390		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	-11.2314	
DIST ANGULAR	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	
IO	-17.3547	-17.6468	-17.9388	-17.9393	-18.2314	-18.2318	-18.5239	-18.8160	-18.8164	-19.1085	-19.4006	
DIST ANGULAR	-4.45%	-4.52%	-4.60%	-4.60%	-4.67%	-4.67%	-4.75%	-4.82%	-4.82%	-4.90%	-4.97%	
LS	-23.4776	-23.7701	-24.3543	-24.6468	-24.9393	-25.2318	-25.8160	-26.1085	-26.4010	-26.9852	-27.2777	
DIST ANGULAR	-6.02%	-6.09%	-6.24%	-6.32%	-6.39%	-6.47%	-6.62%	-6.69%	-6.77%	-6.92%	-6.99%	
CP	-28.1427	-28.4356	-29.0200	-29.6045	-30.1890	-30.4818	-31.0663	-31.6508	-32.2353	-32.5281	-33.1126	
DIST ANGULAR	-7.22%	-7.29%	-7.44%	-7.59%	-7.74%	-7.82%	-7.97%	-8.12%	-8.27%	-8.34%	-8.49%	
C	-29.3089	-29.8935	-30.4781	-30.9169	-31.6294	-32.2133	-32.7971	-33.1093	-33.6939	-34.2785	-34.8631	
DIST ANGULAR	-7.52%	-7.67%	-7.81%	-7.93%	-8.11%	-8.26%	-8.41%	-8.49%	-8.64%	-8.79%	-8.94%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño

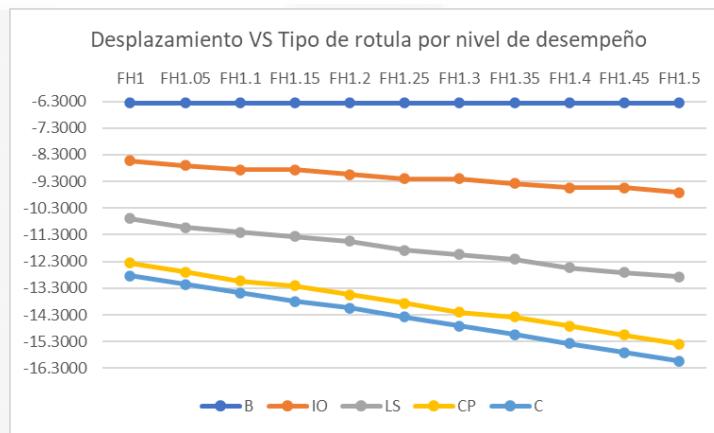


COLUMNA	16-40		TRABE		14-30		DISTANCIA ENTRE APOYOS			400		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	-11.5055	
DIST ANGULAR	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	-2.88%	
IO	-17.8843	-18.1927	-18.5012	-18.5014	-18.8099	-18.8101	-19.1186	-19.4272	-19.4274	-19.7359	-20.0445	
DIST ANGULAR	-4.47%	-4.55%	-4.63%	-4.63%	-4.70%	-4.70%	-4.78%	-4.86%	-4.86%	-4.93%	-5.01%	
LS	-24.3570	-24.6659	-24.9748	-25.5920	-25.9010	-26.2099	-26.5188	-27.1361	-27.4451	-27.7540	-28.0630	
DIST ANGULAR	-6.09%	-6.17%	-6.24%	-6.40%	-6.48%	-6.55%	-6.63%	-6.78%	-6.86%	-6.94%	-7.02%	
CP	-28.9804	-29.5979	-30.2154	-30.8329	-31.1422	-31.7598	-32.3773	-32.6866	-33.3042	-33.9218	-34.5395	
DIST ANGULAR	-7.25%	-7.40%	-7.55%	-7.71%	-7.79%	-7.94%	-8.09%	-8.17%	-8.33%	-8.48%	-8.63%	
C	-30.5216	-31.1235	-31.7769	-32.3578	-32.6837	-33.3014	-33.9191	-34.5367	-35.1173	-35.7350	-36.0815	
DIST ANGULAR	-7.63%	-7.78%	-7.94%	-8.09%	-8.17%	-8.33%	-8.48%	-8.63%	-8.78%	-8.93%	-9.02%	

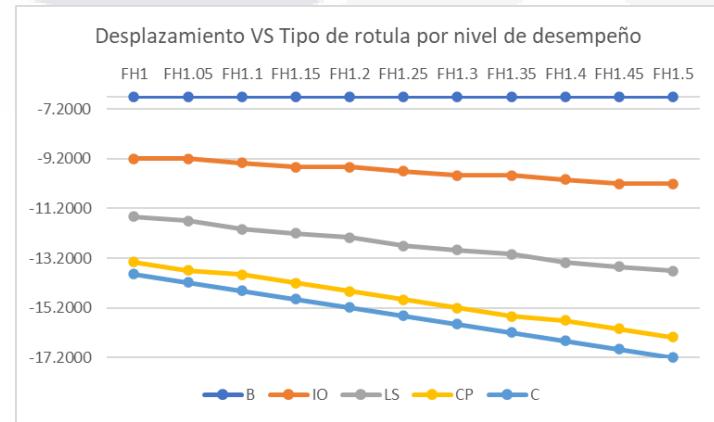


A.3 Marco Columna 16-40 y Trabe 14-30

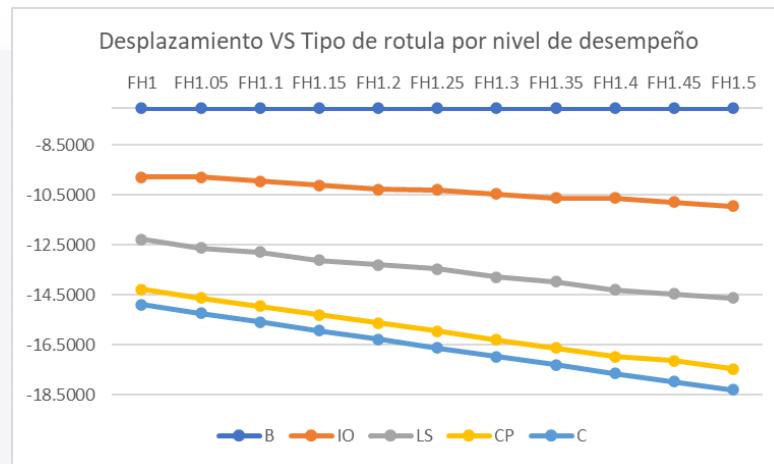
COLUMNA	12-35		TRABE		10-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			200	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644	-6.3644
DIST ANGULAR	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%	-3.18%
IO	-8.5305	-8.6978	-8.8653	-8.8659	-9.0333	-9.2008	-9.2014	-9.3689	-9.5364	-9.5369	-9.7044
DIST ANGULAR	-4.27%	-4.35%	-4.43%	-4.43%	-4.52%	-4.60%	-4.60%	-4.68%	-4.77%	-4.77%	-4.85%
LS	-10.6966	-11.0313	-11.1994	-11.3675	-11.5355	-11.8704	-12.0384	-12.2065	-12.5414	-12.7094	-12.8774
DIST ANGULAR	-5.35%	-5.52%	-5.60%	-5.68%	-5.77%	-5.94%	-6.02%	-6.10%	-6.27%	-6.35%	-6.44%
CP	-12.3628	-12.6981	-13.0334	-13.2020	-13.5373	-13.8726	-14.2079	-14.3764	-14.7117	-15.0471	-15.3824
DIST ANGULAR	-6.18%	-6.35%	-6.52%	-6.60%	-6.77%	-6.94%	-7.10%	-7.19%	-7.36%	-7.52%	-7.69%
C	-12.8433	-13.1607	-13.479	-13.7968	-14.0377	-14.3731	-14.7086	-15.0440	-15.3795	-15.7054	-16.0235
DIST ANGULAR	-6.42%	-6.58%	-6.74%	-6.90%	-7.02%	-7.19%	-7.35%	-7.52%	-7.69%	-7.85%	-8.01%



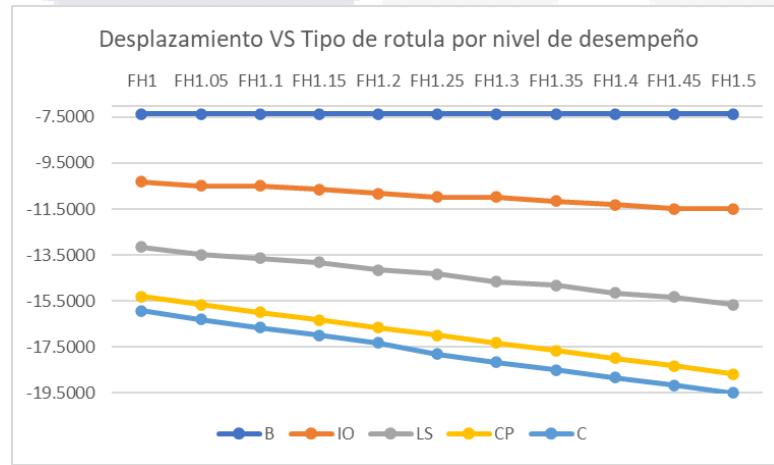
COLUMNA	12-35		TRABE		10-26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			210	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006	-6.7006
DIST ANGULAR	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%	-3.19%
IO	-9.1999	-9.2006	-9.3680	-9.5353	-9.5359	-9.7033	-9.8707	-9.8713	-10.0387	-10.2061	-10.2066
DIST ANGULAR	-4.38%	-4.38%	-4.46%	-4.54%	-4.54%	-4.62%	-4.70%	-4.70%	-4.78%	-4.86%	-4.86%
LS	-11.5326	-11.7006	-12.0353	-12.2033	-12.3713	-12.7061	-12.8740	-13.0420	-13.3768	-13.5447	-13.7126
DIST ANGULAR	-5.49%	-5.57%	-5.73%	-5.81%	-5.89%	-6.05%	-6.13%	-6.21%	-6.37%	-6.45%	-6.53%
CP	-13.3655	-13.7007	-13.8692	-14.2043	-14.5395	-14.8747	-15.2099	-15.5451	-15.7134	-16.0486	-16.3839
DIST ANGULAR	-6.36%	-6.52%	-6.60%	-6.76%	-6.92%	-7.08%	-7.24%	-7.40%	-7.48%	-7.64%	-7.80%
C	-13.8403	-14.1745	-14.5093	-14.8441	-15.1789	-15.5137	-15.8485	-16.1833	-16.5181	-16.8529	-17.1877
DIST ANGULAR	-6.59%	-6.75%	-6.91%	-7.07%	-7.23%	-7.39%	-7.55%	-7.71%	-7.87%	-8.03%	-8.18%



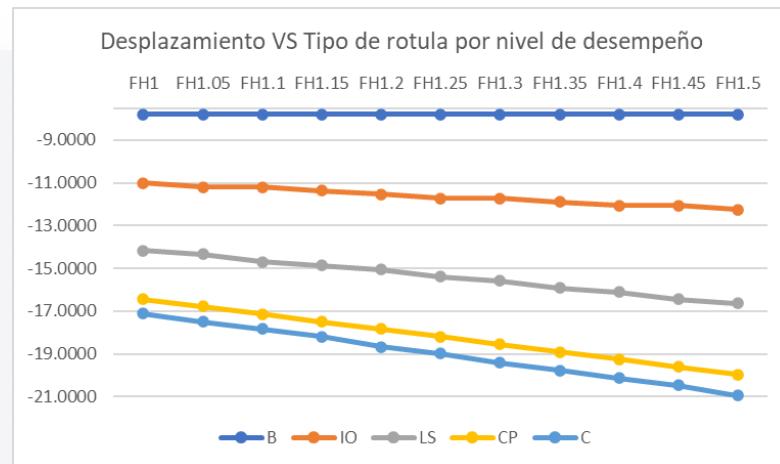
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			220		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	-7.0323	
DIST ANGULAR	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	
IO	-9.7780	-9.7790	-9.9466	-10.1142	-10.2819	-10.2827	-10.4503	-10.6179	-10.6186	-10.7862	-10.9538	
DIST ANGULAR	-4.44%	-4.45%	-4.52%	-4.60%	-4.67%	-4.67%	-4.75%	-4.83%	-4.83%	-4.90%	-4.98%	
LS	-12.2773	-12.6123	-12.7805	-13.1155	-13.2836	-13.4518	-13.7867	-13.9548	-14.2898	-14.4578	-14.6259	
DIST ANGULAR	-5.58%	-5.73%	-5.81%	-5.96%	-6.04%	-6.11%	-6.27%	-6.34%	-6.50%	-6.57%	-6.65%	
CP	-14.2768	-14.6122	-14.9476	-15.2830	-15.6184	-15.9537	-16.2891	-16.6244	-16.9597	-17.1281	-17.4634	
DIST ANGULAR	-6.49%	-6.64%	-6.79%	-6.95%	-7.10%	-7.25%	-7.40%	-7.56%	-7.71%	-7.79%	-7.94%	
C	-14.8745	-15.2253	-15.5768	-15.9282	-16.2796	-16.6209	-16.9563	-17.2918	-17.6272	-17.9626	-18.2980	
DIST ANGULAR	-6.76%	-6.92%	-7.08%	-7.24%	-7.40%	-7.55%	-7.71%	-7.86%	-8.01%	-8.16%	-8.32%	



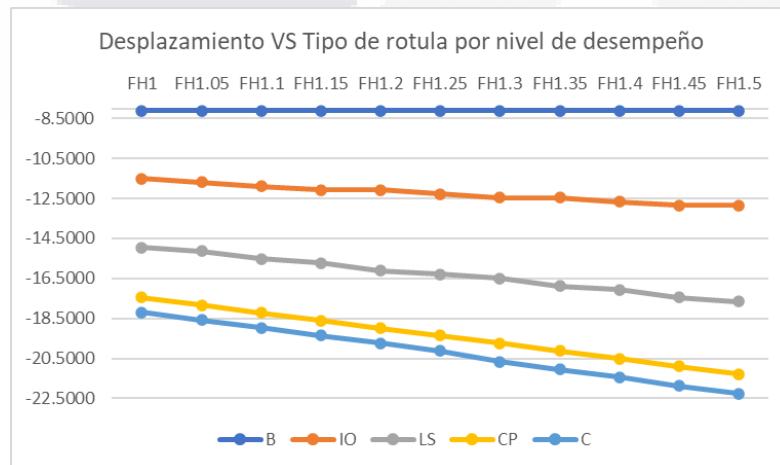
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			230		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	-7.3642	
DIST ANGULAR	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	
IO	-10.3121	-10.4798	-10.4808	-10.6484	-10.8161	-10.9837	-10.9846	-11.1522	-11.3198	-11.4874	-11.4881	
DIST ANGULAR	-4.48%	-4.56%	-4.56%	-4.63%	-4.70%	-4.78%	-4.78%	-4.85%	-4.92%	-4.99%	-4.99%	
LS	-13.1446	-13.4796	-13.6479	-13.8161	-14.1510	-14.3192	-14.6541	-14.8222	-15.1571	-15.3252	-15.6601	
DIST ANGULAR	-5.72%	-5.86%	-5.93%	-6.01%	-6.15%	-6.23%	-6.37%	-6.44%	-6.59%	-6.66%	-6.81%	
CP	-15.3107	-15.6461	-15.9815	-16.3169	-16.6523	-16.9876	-17.3229	-17.6582	-17.9934	-18.3287	-18.6639	
DIST ANGULAR	-6.66%	-6.80%	-6.95%	-7.09%	-7.24%	-7.39%	-7.53%	-7.68%	-7.82%	-7.97%	-8.11%	
C	-15.9325	-16.2998	-16.6483	-16.9838	-17.3192	-17.8118	-18.1577	-18.4923	-18.8276	-19.1630	-19.4983	
DIST ANGULAR	-6.93%	-7.09%	-7.24%	-7.38%	-7.53%	-7.74%	-7.89%	-8.04%	-8.19%	-8.33%	-8.48%	



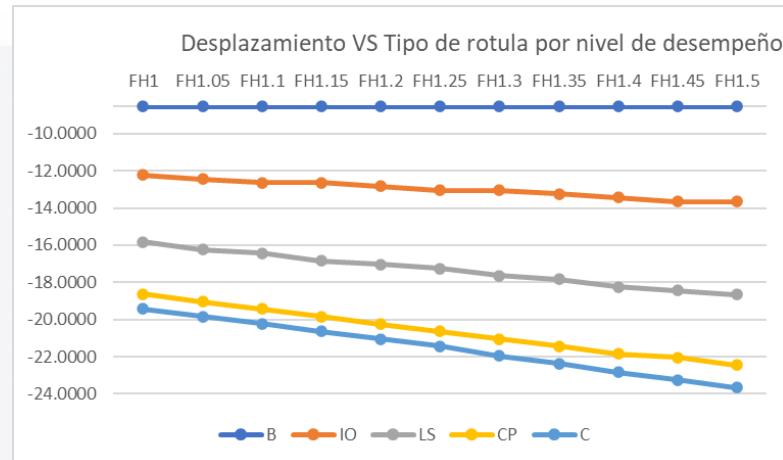
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			240		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	-7.7864	
DIST ANGULAR	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	-3.24%	
IO	-11.0117	-11.1875	-11.1883	-11.3641	-11.5399	-11.7158	-11.7164	-11.8922	-12.0680	-12.0686	-12.2444	
DIST ANGULAR	-4.59%	-4.66%	-4.66%	-4.74%	-4.81%	-4.88%	-4.88%	-4.96%	-5.03%	-5.03%	-5.10%	
LS	-14.1608	-14.3372	-14.6886	-14.8650	-15.0413	-15.3927	-15.5690	-15.9204	-16.0966	-16.4480	-16.6242	
DIST ANGULAR	-5.90%	-5.97%	-6.12%	-6.19%	-6.27%	-6.41%	-6.49%	-6.63%	-6.71%	-6.85%	-6.93%	
CP	-16.4352	-16.7870	-17.1388	-17.4906	-17.8424	-18.1942	-18.5460	-18.8977	-19.2495	-19.6012	-19.9529	
DIST ANGULAR	-6.85%	-6.99%	-7.14%	-7.29%	-7.43%	-7.58%	-7.73%	-7.87%	-8.02%	-8.17%	-8.31%	
C	-17.1028	-17.4869	-17.8389	-18.1908	-18.6739	-18.9910	-19.4216	-19.7734	-20.1253	-20.4771	-20.9337	
DIST ANGULAR	-7.13%	-7.29%	-7.43%	-7.58%	-7.78%	-7.91%	-8.09%	-8.24%	-8.39%	-8.53%	-8.72%	



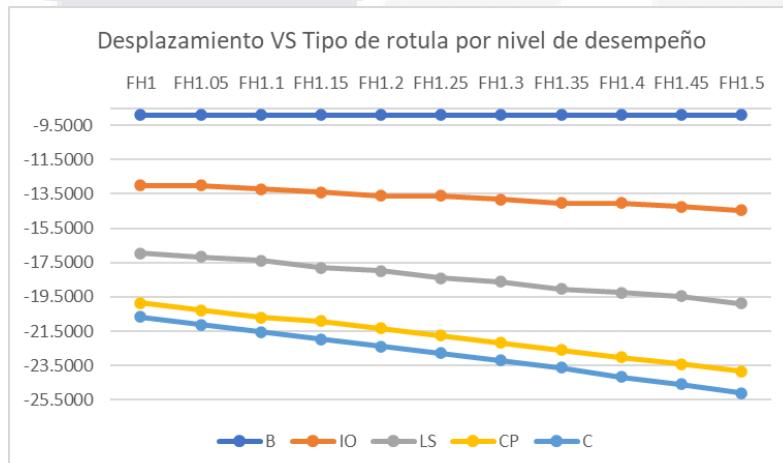
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			250		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	-8.1202	
DIST ANGULAR	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	-3.25%	
IO	-11.5008	-11.6933	-11.8859	-12.0784	-12.0792	-12.2718	-12.4643	-12.4650	-12.6575	-12.8500	-12.8506	
DIST ANGULAR	-4.60%	-4.68%	-4.75%	-4.83%	-4.83%	-4.91%	-4.99%	-4.99%	-5.06%	-5.14%	-5.14%	
LS	-14.9498	-15.1429	-15.5277	-15.7208	-16.1055	-16.2985	-16.4915	-16.8763	-17.0692	-17.4539	-17.6468	
DIST ANGULAR	-5.98%	-6.06%	-6.21%	-6.29%	-6.44%	-6.52%	-6.60%	-6.75%	-6.83%	-6.98%	-7.06%	
CP	-17.4408	-17.8260	-18.2111	-18.5963	-18.9814	-19.3665	-19.7517	-20.1368	-20.5218	-20.9069	-21.2920	
DIST ANGULAR	-6.98%	-7.13%	-7.28%	-7.44%	-7.59%	-7.75%	-7.90%	-8.05%	-8.21%	-8.36%	-8.52%	
C	-18.2072	-18.5925	-18.9778	-19.3631	-19.7483	-20.1336	-20.6650	-21.0546	-21.4458	-21.8661	-22.2512	
DIST ANGULAR	-7.28%	-7.44%	-7.59%	-7.75%	-7.90%	-8.05%	-8.27%	-8.42%	-8.58%	-8.75%	-8.90%	



COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			260		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	-8.5249	
DIST ANGULAR	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	-3.28%	
IO	-12.2360	-12.4368	-12.6376	-12.6384	-12.8391	-13.0399	-13.0406	-13.2413	-13.4421	-13.6428	-13.6434	
DIST ANGULAR	-4.71%	-4.78%	-4.86%	-4.86%	-4.94%	-5.02%	-5.02%	-5.09%	-5.17%	-5.25%	-5.25%	
LS	-15.8350	-16.2363	-16.4376	-16.8389	-17.0402	-17.2414	-17.6427	-17.8439	-18.2452	-18.4464	-18.6475	
DIST ANGULAR	-6.09%	-6.24%	-6.32%	-6.48%	-6.55%	-6.63%	-6.79%	-6.86%	-7.02%	-7.09%	-7.17%	
CP	-18.6342	-19.0359	-19.4376	-19.8393	-20.2410	-20.6426	-21.0443	-21.4459	-21.8476	-22.0491	-22.4507	
DIST ANGULAR	-7.17%	-7.32%	-7.48%	-7.63%	-7.78%	-7.94%	-8.09%	-8.25%	-8.40%	-8.48%	-8.63%	
C	-19.4339	-19.8358	-20.2376	-20.6394	-21.0412	-21.4429	-21.9541	-22.3613	-22.8482	-23.2499	-23.6516	
DIST ANGULAR	-7.47%	-7.63%	-7.78%	-7.94%	-8.09%	-8.25%	-8.44%	-8.60%	-8.79%	-8.94%	-9.10%	

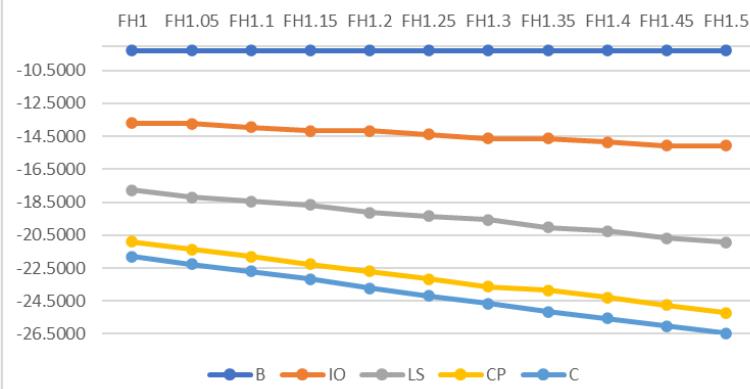


COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			270		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	-8.9005	
DIST ANGULAR	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	-3.30%	
IO	-12.9923	-12.9931	-13.2022	-13.4113	-13.6204	-13.6211	-13.8302	-14.0393	-14.0399	-14.2489	-14.4580	
DIST ANGULAR	-4.81%	-4.81%	-4.89%	-4.97%	-5.04%	-5.04%	-5.12%	-5.20%	-5.20%	-5.28%	-5.35%	
LS	-16.9495	-17.1591	-17.3688	-17.7867	-17.9962	-18.4142	-18.6237	-19.0416	-19.2511	-19.4606	-19.8785	
DIST ANGULAR	-6.28%	-6.36%	-6.43%	-6.59%	-6.67%	-6.82%	-6.90%	-7.05%	-7.13%	-7.21%	-7.36%	
CP	-19.8653	-20.2837	-20.7020	-20.9119	-21.3302	-21.7485	-22.1667	-22.5850	-23.0032	-23.4214	-23.8396	
DIST ANGULAR	-7.36%	-7.51%	-7.67%	-7.75%	-7.90%	-8.05%	-8.21%	-8.36%	-8.52%	-8.67%	-8.83%	
C	-20.6602	-21.1041	-21.5353	-21.9537	-22.3721	-22.7904	-23.2088	-23.6271	-24.1656	-24.5885	-25.0905	
DIST ANGULAR	-7.65%	-7.82%	-7.98%	-8.13%	-8.29%	-8.44%	-8.60%	-8.75%	-8.95%	-9.11%	-9.29%	



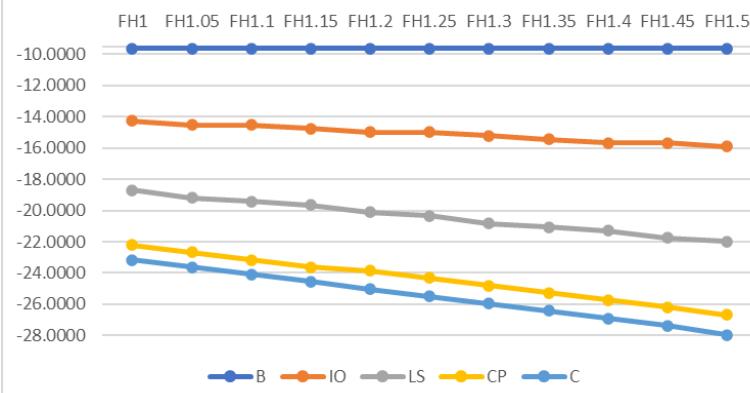
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			280		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	-9.2800	
DIST ANGULAR	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	-3.31%	
IO	-13.7145	-13.7153	-13.9410	-14.1668	-14.1675	-14.3932	-14.6189	-14.6196	-14.8453	-15.0710	-15.0715	
DIST ANGULAR	-4.90%	-4.90%	-4.98%	-5.06%	-5.06%	-5.14%	-5.22%	-5.22%	-5.30%	-5.38%	-5.38%	
LS	-17.7633	-18.2145	-18.4407	-18.6670	-19.1182	-19.3443	-19.5705	-20.0217	-20.2478	-20.6990	-20.9251	
DIST ANGULAR	-6.34%	-6.51%	-6.59%	-6.67%	-6.83%	-6.91%	-6.99%	-7.15%	-7.23%	-7.39%	-7.47%	
CP	-20.9124	-21.3639	-21.8155	-22.2671	-22.7187	-23.1702	-23.6217	-23.8482	-24.2997	-24.7512	-25.2027	
DIST ANGULAR	-7.47%	-7.63%	-7.79%	-7.95%	-8.11%	-8.28%	-8.44%	-8.52%	-8.68%	-8.84%	-9.00%	
C	-21.8121	-22.2638	-22.7155	-23.1671	-23.7362	-24.1908	-24.6450	-25.1565	-25.5567	-26.0114	-26.4631	
DIST ANGULAR	-7.79%	-7.95%	-8.11%	-8.27%	-8.48%	-8.64%	-8.80%	-8.98%	-9.13%	-9.29%	-9.45%	

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño

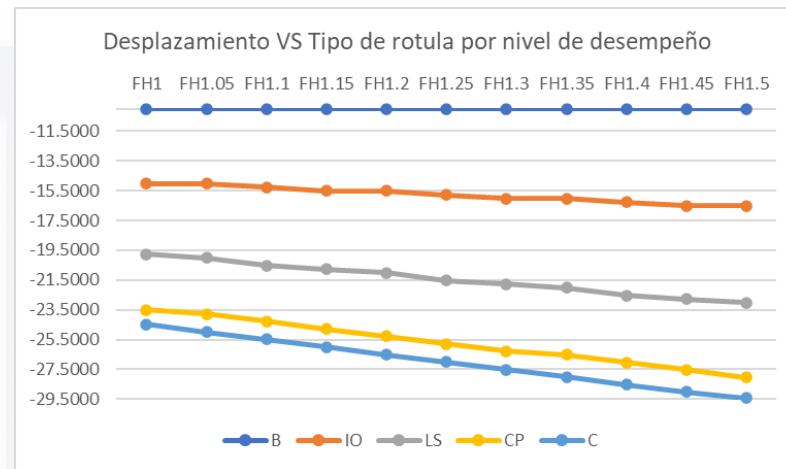


COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			290		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	-9.6576	
DIST ANGULAR	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	-3.33%	
IO	-14.2858	-14.5199	-14.5206	-14.7547	-14.9887	-14.9894	-15.2234	-15.4574	-15.6915	-15.6920	-15.9260	
DIST ANGULAR	-4.93%	-5.01%	-5.01%	-5.09%	-5.17%	-5.17%	-5.25%	-5.33%	-5.41%	-5.41%	-5.49%	
LS	-18.7178	-19.1857	-19.4202	-19.6547	-20.1225	-20.3570	-20.8248	-21.0592	-21.2937	-21.7615	-21.9959	
DIST ANGULAR	-6.45%	-6.62%	-6.70%	-6.78%	-6.94%	-7.02%	-7.18%	-7.26%	-7.34%	-7.50%	-7.58%	
CP	-22.2168	-22.6850	-23.1532	-23.6214	-23.8562	-24.3243	-24.7925	-25.2606	-25.7287	-26.1968	-26.6650	
DIST ANGULAR	-7.66%	-7.82%	-7.98%	-8.15%	-8.23%	-8.39%	-8.55%	-8.71%	-8.87%	-9.03%	-9.19%	
C	-23.1499	-23.6182	-24.0864	-24.5547	-25.0230	-25.4912	-25.9594	-26.4277	-26.8959	-27.3640	-27.9718	
DIST ANGULAR	-7.98%	-8.14%	-8.31%	-8.47%	-8.63%	-8.79%	-8.95%	-9.11%	-9.27%	-9.44%	-9.65%	

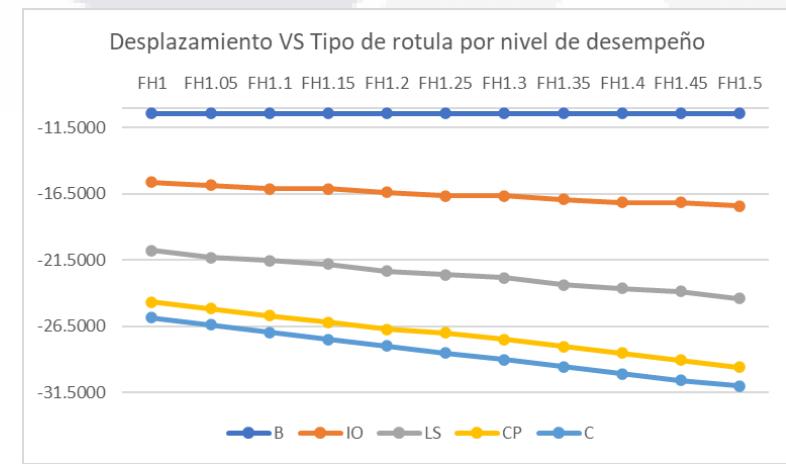
Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño



COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			300		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	-10.0233	
DIST ANGULAR	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	-3.34%	
IO	-15.0221	-15.0226	-15.2730	-15.5234	-15.5239	-15.7743	-16.0247	-16.0251	-16.2756	-16.5261	-16.5264	
DIST ANGULAR	-5.01%	-5.01%	-5.09%	-5.17%	-5.17%	-5.26%	-5.34%	-5.34%	-5.43%	-5.51%	-5.51%	
LS	-19.7707	-20.0216	-20.5224	-20.7733	-21.0241	-21.5250	-21.7759	-22.0267	-22.5276	-22.7785	-23.0293	
DIST ANGULAR	-6.59%	-6.67%	-6.84%	-6.92%	-7.01%	-7.18%	-7.26%	-7.34%	-7.51%	-7.59%	-7.68%	
CP	-23.5196	-23.7708	-24.2720	-24.7732	-25.2744	-25.7756	-26.2768	-26.5279	-27.0291	-27.5303	-28.0315	
DIST ANGULAR	-7.84%	-7.92%	-8.09%	-8.26%	-8.42%	-8.59%	-8.76%	-8.84%	-9.01%	-9.18%	-9.34%	
C	-24.4869	-24.9868	-25.4877	-25.9886	-26.5070	-27.0075	-27.5081	-28.0087	-28.5093	-29.0099	-29.4071	
DIST ANGULAR	-8.16%	-8.33%	-8.50%	-8.66%	-8.84%	-9.00%	-9.17%	-9.34%	-9.50%	-9.67%	-9.80%	

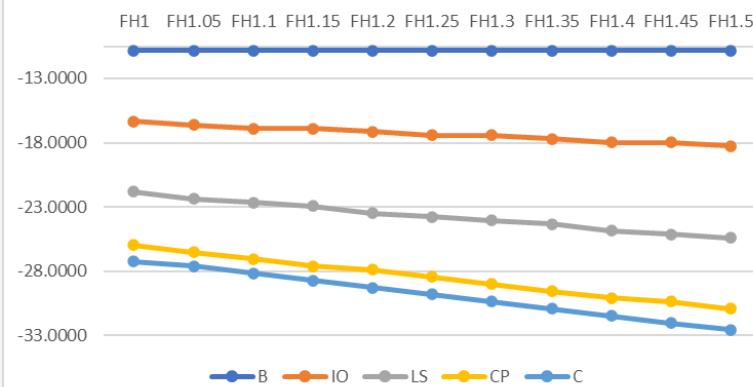


COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			310		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	-10.4407	
DIST ANGULAR	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	-3.37%	
IO	-15.6061	-15.8648	-16.1236	-16.1240	-16.3828	-16.6415	-16.6419	-16.9007	-17.1594	-17.1598	-17.4186	
DIST ANGULAR	-5.03%	-5.12%	-5.20%	-5.20%	-5.28%	-5.37%	-5.37%	-5.45%	-5.54%	-5.54%	-5.62%	
LS	-20.7712	-21.2887	-21.5478	-21.8070	-22.3245	-22.5837	-22.8428	-23.3603	-23.6195	-23.8786	-24.3962	
DIST ANGULAR	-6.70%	-6.87%	-6.95%	-7.03%	-7.20%	-7.29%	-7.37%	-7.54%	-7.62%	-7.70%	-7.87%	
CP	-24.6450	-25.1628	-25.6806	-26.1984	-26.7162	-26.9757	-27.4935	-28.0113	-28.5291	-29.0469	-29.5647	
DIST ANGULAR	-7.95%	-8.12%	-8.28%	-8.45%	-8.62%	-8.70%	-8.87%	-9.04%	-9.20%	-9.37%	-9.54%	
C	-25.8591	-26.3799	-26.9566	-27.4738	-27.9910	-28.5082	-29.0254	-29.5426	-30.0598	-30.5770	-31.0075	
DIST ANGULAR	-8.34%	-8.51%	-8.70%	-8.86%	-9.03%	-9.20%	-9.36%	-9.53%	-9.70%	-9.86%	-10.00%	



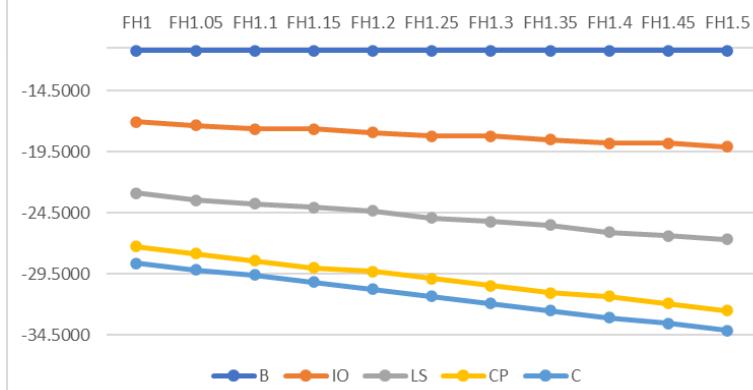
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			320	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342	-10.8342
DIST ANGULAR	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%	-3.39%
IO	-16.3329	-16.6083	-16.8836	-16.8840	-17.1594	-17.4348	-17.4352	-17.7106	-17.9860	-17.9864	-18.2618
DIST ANGULAR	-5.10%	-5.19%	-5.28%	-5.28%	-5.36%	-5.45%	-5.45%	-5.53%	-5.62%	-5.62%	-5.71%
LS	-21.8312	-22.3819	-22.6577	-22.9335	-23.4843	-23.7601	-24.0359	-24.3117	-24.8625	-25.1383	-25.4140
DIST ANGULAR	-6.82%	-6.99%	-7.08%	-7.17%	-7.34%	-7.43%	-7.51%	-7.60%	-7.77%	-7.86%	-7.94%
CP	-25.9549	-26.5060	-27.0571	-27.6081	-27.8842	-28.4353	-28.9864	-29.5375	-30.0886	-30.3646	-30.9157
DIST ANGULAR	-8.11%	-8.28%	-8.46%	-8.63%	-8.71%	-8.89%	-9.06%	-9.23%	-9.40%	-9.49%	-9.66%
C	-27.2343	-27.6057	-28.1569	-28.7080	-29.2592	-29.8104	-30.3615	-30.9127	-31.4639	-32.0151	-32.5662
DIST ANGULAR	-8.51%	-8.63%	-8.80%	-8.97%	-9.14%	-9.32%	-9.49%	-9.66%	-9.83%	-10.00%	-10.18%

Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño

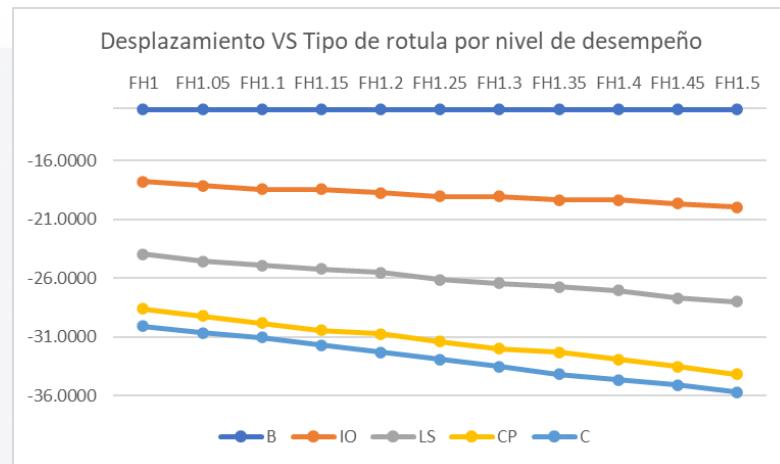


COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			330	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290	-11.2290
DIST ANGULAR	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%	-3.40%
IO	-17.0608	-17.3528	-17.6449	-17.6453	-17.9373	-18.2293	-18.2297	-18.5218	-18.8138	-18.8142	-19.1062
DIST ANGULAR	-5.17%	-5.26%	-5.35%	-5.35%	-5.44%	-5.52%	-5.52%	-5.61%	-5.70%	-5.70%	-5.79%
LS	-22.8923	-23.4764	-23.7688	-24.0612	-24.3537	-24.9377	-25.2302	-25.5226	-26.1067	-26.3991	-26.6915
DIST ANGULAR	-6.94%	-7.11%	-7.20%	-7.29%	-7.38%	-7.56%	-7.65%	-7.73%	-7.91%	-8.00%	-8.09%
CP	-27.2660	-27.8503	-28.4347	-29.0190	-29.3117	-29.8961	-30.4805	-31.0649	-31.3575	-31.9419	-32.5263
DIST ANGULAR	-8.26%	-8.44%	-8.62%	-8.79%	-8.88%	-9.06%	-9.24%	-9.41%	-9.50%	-9.68%	-9.86%
C	-28.6366	-29.1968	-29.6011	-30.1856	-30.7700	-31.3545	-31.9389	-32.5234	-33.1078	-33.5464	-34.1309
DIST ANGULAR	-8.68%	-8.85%	-8.97%	-9.15%	-9.32%	-9.50%	-9.68%	-9.86%	-10.03%	-10.17%	-10.34%

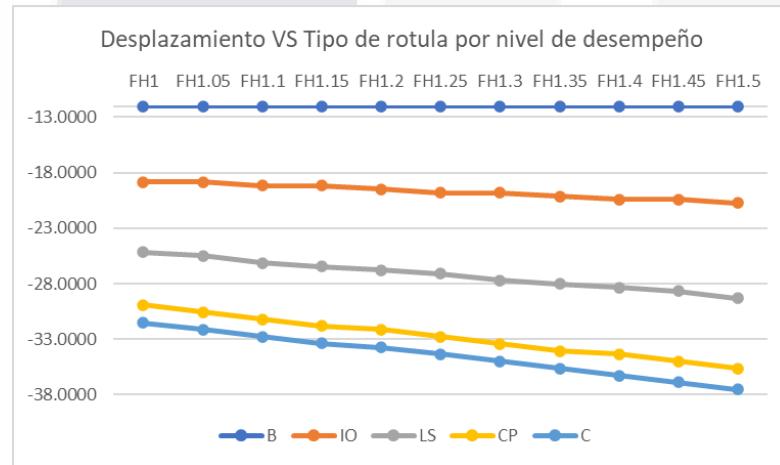
Desplazamiento VS Tipo de rotula por nivel de desempeño



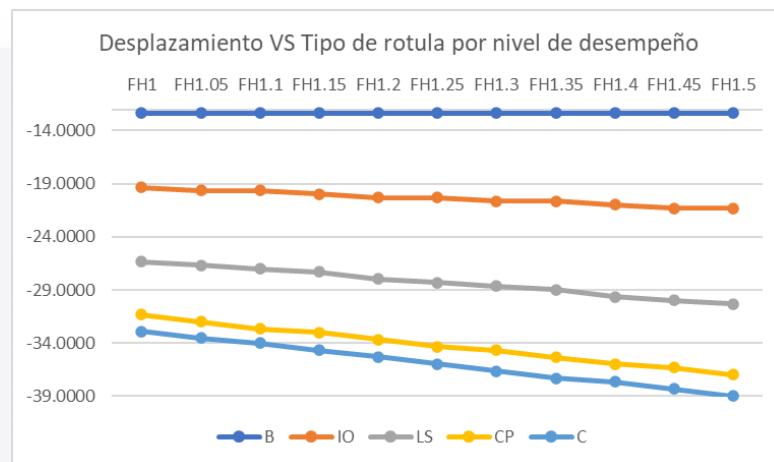
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			340		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	-11.6301	
DIST ANGULAR	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	-3.42%	
IO	-17.7951	-18.1038	-18.4124	-18.4128	-18.7215	-19.0302	-19.0306	-19.3393	-19.3396	-19.6483	-19.9570	
DIST ANGULAR	-5.23%	-5.32%	-5.42%	-5.42%	-5.51%	-5.60%	-5.60%	-5.69%	-5.69%	-5.78%	-5.87%	
LS	-23.9598	-24.5771	-24.8862	-25.1953	-25.5043	-26.1217	-26.4308	-26.7398	-27.0489	-27.6663	-27.9753	
DIST ANGULAR	-7.05%	-7.23%	-7.32%	-7.41%	-7.50%	-7.68%	-7.77%	-7.86%	-7.96%	-8.14%	-8.23%	
CP	-28.5833	-29.2010	-29.8186	-30.4363	-30.7456	-31.3633	-31.9809	-32.2902	-32.9079	-33.5256	-34.1432	
DIST ANGULAR	-8.41%	-8.59%	-8.77%	-8.95%	-9.04%	-9.22%	-9.41%	-9.50%	-9.68%	-9.86%	-10.04%	
C	-30.0702	-30.6505	-31.0517	-31.6694	-32.2872	-32.9049	-33.5226	-34.1404	-34.6269	-35.0675	-35.6852	
DIST ANGULAR	-8.84%	-9.01%	-9.13%	-9.31%	-9.50%	-9.68%	-9.86%	-10.04%	-10.18%	-10.31%	-10.50%	



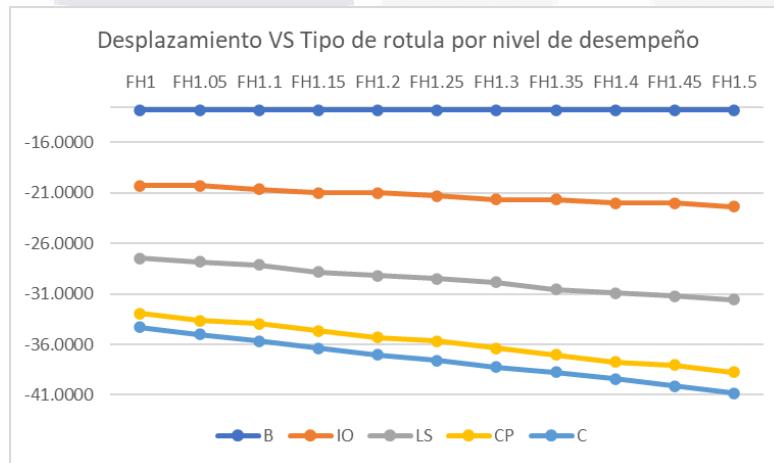
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			350		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	-12.0319	
DIST ANGULAR	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	-3.44%	
IO	-18.8449	-18.8452	-19.1621	-19.1624	-19.4793	-19.7963	-19.7965	-20.1135	-20.4304	-20.4307	-20.7477	
DIST ANGULAR	-5.38%	-5.38%	-5.47%	-5.47%	-5.57%	-5.66%	-5.66%	-5.75%	-5.84%	-5.84%	-5.93%	
LS	-25.1762	-25.4935	-26.1274	-26.4447	-26.7619	-27.0792	-27.7132	-28.0305	-28.3478	-28.6651	-29.2991	
DIST ANGULAR	-7.19%	-7.28%	-7.46%	-7.56%	-7.65%	-7.74%	-7.92%	-8.01%	-8.10%	-8.19%	-8.37%	
CP	-29.9247	-30.5588	-31.1930	-31.8272	-32.1448	-32.7790	-33.4132	-34.0474	-34.3649	-34.9992	-35.6334	
DIST ANGULAR	-8.55%	-8.73%	-8.91%	-9.09%	-9.18%	-9.37%	-9.55%	-9.73%	-9.82%	-10.00%	-10.18%	
C	-31.5075	-32.1284	-32.7622	-33.3958	-33.7279	-34.3622	-34.9965	-35.6308	-36.2651	-36.8994	-37.5337	
DIST ANGULAR	-9.00%	-9.18%	-9.36%	-9.54%	-9.64%	-9.82%	-10.00%	-10.18%	-10.36%	-10.54%	-10.72%	



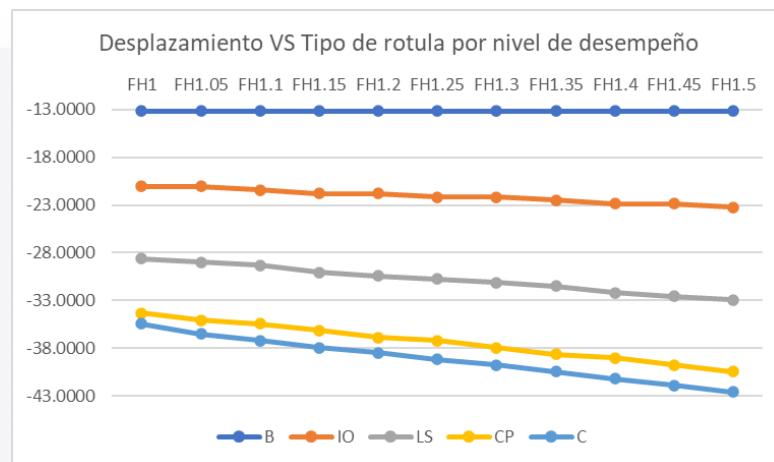
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS				360	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	-12.3514	
DIST ANGULAR	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	-3.43%	
IO	-19.3226	-19.6560	-19.6561	-19.9895	-20.3229	-20.3230	-20.6564	-20.6566	-20.9900	-21.3235	-21.3237	
DIST ANGULAR	-5.37%	-5.46%	-5.46%	-5.55%	-5.65%	-5.65%	-5.74%	-5.74%	-5.83%	-5.92%	-5.92%	
LS	-26.3203	-26.6541	-26.9878	-27.3216	-27.9886	-28.3224	-28.6562	-28.9900	-29.6571	-29.9909	-30.3247	
DIST ANGULAR	-7.31%	-7.40%	-7.50%	-7.59%	-7.77%	-7.87%	-7.96%	-8.05%	-8.24%	-8.33%	-8.42%	
CP	-31.3187	-31.9860	-32.6533	-32.9873	-33.6546	-34.3219	-34.6560	-35.3233	-35.9907	-36.3248	-36.9922	
DIST ANGULAR	-8.70%	-8.88%	-9.07%	-9.16%	-9.35%	-9.53%	-9.63%	-9.81%	-10.00%	-10.09%	-10.28%	
C	-32.9245	-33.5410	-33.9863	-34.6537	-35.3211	-35.9885	-36.6157	-37.3069	-37.6575	-38.3249	-38.9924	
DIST ANGULAR	-9.15%	-9.32%	-9.44%	-9.63%	-9.81%	-10.00%	-10.17%	-10.36%	-10.46%	-10.65%	-10.83%	



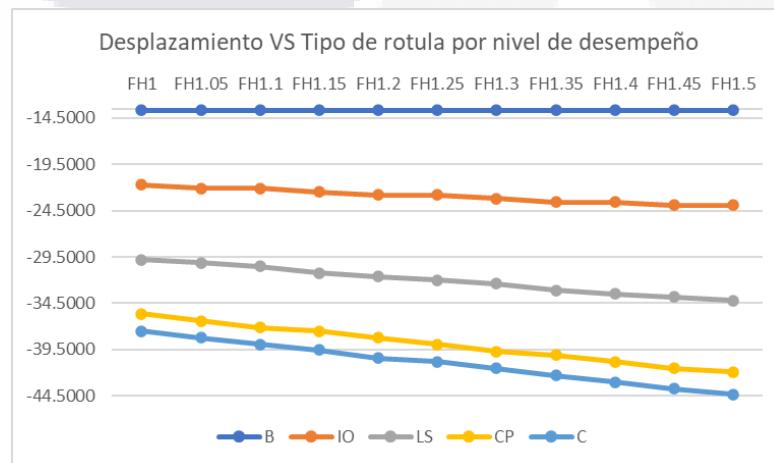
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS				370	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	-12.8421	
DIST ANGULAR	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	
IO	-20.3087	-20.3086	-20.6501	-20.9917	-20.9917	-21.3333	-21.6750	-21.6750	-22.0167	-22.0167	-22.3584	
DIST ANGULAR	-5.49%	-5.49%	-5.58%	-5.67%	-5.67%	-5.77%	-5.86%	-5.86%	-5.95%	-5.95%	-6.04%	
LS	-27.4813	-27.8232	-28.1651	-28.8486	-29.1905	-29.5325	-29.8745	-30.5581	-30.9001	-31.2422	-31.5842	
DIST ANGULAR	-7.43%	-7.52%	-7.61%	-7.80%	-7.89%	-7.98%	-8.07%	-8.26%	-8.35%	-8.44%	-8.54%	
CP	-32.9461	-33.6299	-33.9721	-34.6559	-35.3397	-35.6819	-36.3658	-37.0497	-37.7336	-38.0758	-38.7598	
DIST ANGULAR	-8.90%	-9.09%	-9.18%	-9.37%	-9.55%	-9.64%	-9.83%	-10.01%	-10.20%	-10.29%	-10.48%	
C	-34.3123	-34.9962	-35.6800	-36.3639	-37.0478	-37.5840	-38.2620	-38.7580	-39.4419	-40.1259	-40.8099	
DIST ANGULAR	-9.27%	-9.46%	-9.64%	-9.83%	-10.01%	-10.16%	-10.34%	-10.48%	-10.66%	-10.84%	-11.03%	



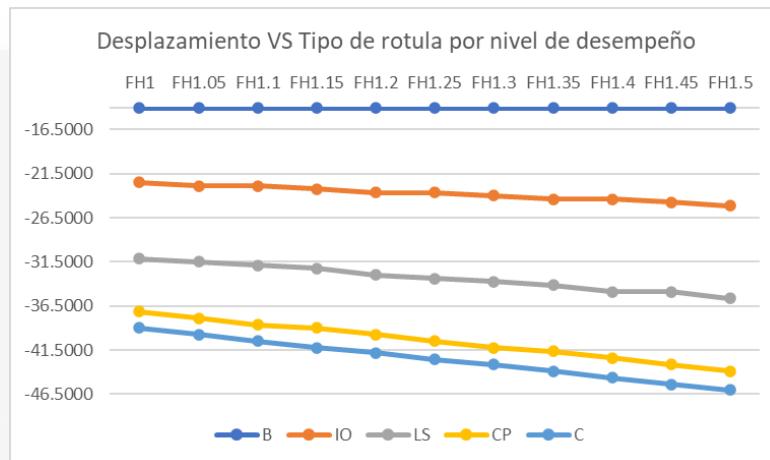
COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			380	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000	-13.2000
DIST ANGULAR	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%	-3.47%
IO	-21.0813	-21.0816	-21.4402	-21.7988	-21.7991	-22.1577	-22.1581	-22.5167	-22.8753	-22.8756	-23.234
DIST ANGULAR	-5.55%	-5.55%	-5.64%	-5.74%	-5.74%	-5.83%	-5.83%	-5.93%	-6.02%	-6.02%	-6.11%
LS	-28.6037	-28.9627	-29.3216	-30.0388	-30.3978	-30.7567	-31.1156	-31.4746	-32.1918	-32.5507	-32.910
DIST ANGULAR	-7.53%	-7.62%	-7.72%	-7.90%	-8.00%	-8.09%	-8.19%	-8.28%	-8.47%	-8.57%	-8.66%
CP	-34.3351	-35.0526	-35.4118	-36.1293	-36.8467	-37.2059	-37.9234	-38.6409	-39.0000	-39.7175	-40.435
DIST ANGULAR	-9.04%	-9.22%	-9.32%	-9.51%	-9.70%	-9.79%	-9.98%	-10.17%	-10.26%	-10.45%	-10.64%
C	-35.4091	-36.4855	-37.2030	-37.9206	-38.4590	-39.1765	-39.7149	-40.4325	-41.1500	-41.8676	-42.585
DIST ANGULAR	-9.32%	-9.60%	-9.79%	-9.98%	-10.12%	-10.31%	-10.45%	-10.64%	-10.83%	-11.02%	-11.21%



COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			390	
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA										
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5
B	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594	-13.6594
DIST ANGULAR	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%	-3.50%
IO	-21.7239	-22.0908	-22.0911	-22.4580	-22.8250	-22.8253	-23.1922	-23.5591	-23.5594	-23.9264	-23.9267
DIST ANGULAR	-5.57%	-5.66%	-5.66%	-5.76%	-5.85%	-5.85%	-5.95%	-6.04%	-6.04%	-6.13%	-6.14%
LS	-29.7878	-30.1551	-30.5223	-31.2562	-31.6234	-31.9907	-32.3579	-33.0918	-33.4590	-33.8263	-34.1935
DIST ANGULAR	-7.64%	-7.73%	-7.83%	-8.01%	-8.11%	-8.20%	-8.30%	-8.49%	-8.58%	-8.67%	-8.77%
CP	-35.6525	-36.3866	-37.1207	-37.4882	-38.2223	-38.9563	-39.6905	-40.0579	-40.7920	-41.5261	-41.8936
DIST ANGULAR	-9.14%	-9.33%	-9.52%	-9.61%	-9.80%	-9.99%	-10.18%	-10.27%	-10.46%	-10.65%	-10.74%
C	-37.4852	-38.2194	-38.9535	-39.5156	-40.3951	-40.7894	-41.5236	-42.2578	-42.9919	-43.7261	-44.3130
DIST ANGULAR	-9.61%	-9.80%	-9.99%	-10.13%	-10.36%	-10.46%	-10.65%	-10.84%	-11.02%	-11.21%	-11.36%



COLUMNA	12--35		TRABE		10--26		DISTANCIA ENTRE APOYOS			400		
NIVEL DE DESEMPEÑO	TIPO DE ROTULA											
	FH1	FH1.05	FH1.1	FH1.15	FH1.2	FH1.25	FH1.3	FH1.35	FH1.4	FH1.45	FH1.5	
B	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	-14.0700	
DIST ANGULAR	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	-3.52%	
IO	-22.5073	-22.8813	-22.8804	-23.2549	-23.6287	-23.6279	-24.0022	-24.3766	-24.3760	-24.7504	-25.1249	
DIST ANGULAR	-5.63%	-5.72%	-5.72%	-5.81%	-5.91%	-5.91%	-6.00%	-6.09%	-6.09%	-6.19%	-6.28%	
LS	-31.1293	-31.5036	-31.8780	-32.2524	-33.0019	-33.3764	-33.7510	-34.1256	-34.8753	-34.8750	-35.6248	
DIST ANGULAR	-7.78%	-7.88%	-7.97%	-8.06%	-8.25%	-8.34%	-8.44%	-8.53%	-8.72%	-8.72%	-8.91%	
CP	-37.1273	-37.8767	-38.6262	-39.0009	-39.7506	-40.5003	-41.2500	-41.6249	-42.3748	-43.1247	-43.8747	
DIST ANGULAR	-9.28%	-9.47%	-9.66%	-9.75%	-9.94%	-10.13%	-10.31%	-10.41%	-10.59%	-10.78%	-10.97%	
C	-39.0016	-39.7511	-40.5007	-41.2504	-41.8288	-42.5786	-43.1248	-43.8747	-44.6246	-45.3746	-46.0154	
DIST ANGULAR	-9.75%	-9.94%	-10.13%	-10.31%	-10.46%	-10.64%	-10.78%	-10.97%	-11.16%	-11.34%	-11.50%	



ANEXO B. Código de programación.

```
rm(list=ls(all=TRUE))

# -----
# Load libraries.

# -----
library(ggplot2)

library(SuppDists)

# PARTE I

#-----
#-----

# MODELO DE REGRESIÓN PARA OBTENER EL VALOR DE LOS UMBRALES

# NUEVAS VARIABLES

# VARIABLES INDEPENDIENTES: DISTANCIA ENTRE APOYOS Y ANGULOS ENTRE
ROTULAS

#-----
#-----

#:01 Importar base de datos y elección de las variables de interés -----

#BASE DE DATOS Niveles.xls

archivo <- choose.files()

datos <- datos.original<- read.table(archivo,header=T)

#datos <- datos.original<- read.table(archivo,header=F)

distancia.entre.apoyos <- datos[,1]

pendiente.rotula<- datos[,2]
```

```
ND.IO <- datos[,3]*100  
ND.LS <- datos[,4]*100  
ND.CP <- datos[,5]*100  
ND.DC <- datos[,6]*100  
  
ND.IO <- datos[,3]  
ND.LS <- datos[,4]  
ND.CP <- datos[,5]  
ND.DC <- datos[,6]  
  
# -----  
  
# Generates an fitted regression model for to obtain the damage level limit  
# Level limit: IO, LS, CP, and DC.  
  
#  
  
# Input  
  
# Data vectors:nivel.de.daño, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula  
  
#  
  
# Output  
  
#     value: is a list of the elements that corresponding to  
#           the coefficients of the model, P-values, and the R adj.  
  
# -----  
  
modelo.barreras.nivel.daño <- function(nivel.de.daño, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula) {  
  
  salida<-lm(-(nivel.de.daño) ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)  
  
  niveles.predichos<-salida$fitted.values  
  
  salida<-summary(salida)
```

```
parametros.estimados <- salida$coefficients[,2]

valores.p<-salida$coefficients[,4]

R2.adj<-salida$adj.r.squared

# X.vector <- c(1, distancia, pendiente)

#value <- t(parametros.estimados) %*% (X.vector)

value<-list(parametros.estimados, R2.adj)

return(value)

}

# ----

# Estimate the boundary of the damage level: IO, LS, CP, and DC.

#
# Input

# Data vectors:nivel.de.daño, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula

# distancia.pred, pendiente.pred

#
# Output

#     value: is a list of the elements that corresponding to

#           the coefficients of the model, P-values, and the R adj.

# ----

prediccion.barrera.del.nivel.daño <- function(nivel.de.daño=IO, distancia.entre.apoyos=1,
pendiente.rotula=1, distancia.pred=1,pendiente.pred=1)
```

{

salida<-lm(-(nivel.de.daño) ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)

parametros.estimados <- salida\$coefficients

unos<-rep(1,length(distancia.pred))

X.vector <-t(cbind(unos,distancia.pred,pendiente.pred))

value <- t(parametros.estimados) %*% (X.vector)

return(value)

}

#modelo <-modelo.barreras.nivel.daño(ND.IO, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula)

#prediccion.barrera.del.nivel.daño(ND.IO, distancia.entre.apoyos=distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula=pendiente.rotula,distancia.pred=c(200), pendiente.pred=c(1))

par(mfrow=c(1,2))

plot(datos[,1], -datos[,5], type="p", lwd =2, col="blue", xlab ="Distancia entre apoyos", ylab= "Distorsión angular")

plot(datos[,2], -datos[,5], type="p",lwd=2, col ="red", xlab = "Pendiente de la rótula", ylab = "Distorsión angular")

ND.IO <- datos[,3]

ND.LS <- datos[,4]

ND.CP <- datos[,5]

ND.DC <- datos[,6]

Obtiene modelos de regresión

IO

nivel.de.daño<- -ND.IO

salida<-lm(nivel.de.daño ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```
summary(salida)
```

```
salida
```

```
#### LS
```

```
nivel.de.daño<--(ND.LS)
```

```
salida<-lm(nivel.de.daño ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)
```

```
summary(salida)
```

```
salida
```

```
plot(salida)
```

```
#salida$fitted.values
```

```
#### CP
```

```
nivel.de.daño<- -ND.CP
```

```
salida<-lm(nivel.de.daño ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)
```

```
summary(salida)
```

```
salida
```

```
#salida$fitted.values
```

```
#### DC
```

```
nivel.de.daño<- -ND.DC
```

```
salida<-lm(nivel.de.daño ~ distancia.entre.apoyos + pendiente.rotula)
```

```
summary(salida)
```

```
salida
```

```
#salida$fitted.values
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

#

PARTE II

#-----

#-----

#

PROCESO ESTOCÁSTICO DE WIENER PARA OBTENER CURVAS DE DESEMPEÑO

Y LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO NECESARIO PARA
ALCANZAR

CADA UNO DE LOS UMBRALES

#-----

#-----

#-----

Generates a random sample of subsidence for m units, based on the Wiener

process.

#-----

#-----

r.subsidence.wiener.fixed <- function(parameters, delta.t) {

n <- nrow(parameters)

value <- rnorm(n, mean=parameters\$Eta*delta.t, sd =sqrt(delta.t*parameters\$Sigma2))

return(value)

}

```
# -----  
# Simulates a stochastic Wiener process of subsidences.  
  
# -----  
  
r.wiener.fixed <- function(m, times, parameters) {  
  
  n <- length(times) - 1  
  
  delta.t <- matrix((times[2:(n + 1)] - times[1:n]), nrow=m, ncol=n, byrow=T)  
  
  Y <- matrix(0, nrow=m, ncol=(n+1))  
  
  delta.Y <- matrix(0, nrow=m, ncol=n)  
  
  unit.parameters <- as.data.frame(matrix(rep(parameters, each=m), nrow=m))  
  
  colnames(unit.parameters) <- c("Eta", "Sigma2")  
  
  rownames(unit.parameters) <- paste("u", seq(1,m), sep="")  
  
  for(i in 1:n) {  
  
    delta.Y[,i] <- r.subsidence.wiener.fixed(unit.parameters, delta.t[,i])  }  
  
  Y[, 2:(n+1)] <- t(apply(delta.Y, 1, cumsum))  
  
  return(list(Name="Wiener", Effects="Fixed", m=m, n=n, Time.points=times,  
             Parameters=unit.parameters, Delta.t=delta.t, Delta.Y=delta.Y, Y=Y))}  
  
# -----  
  
# Draws a graph with several subsidence processes.  
  
# -----  
  
plot.process <- function(process, Df.line=FALSE, Df.level=0, unit.legend=FALSE,  
                         save.plot=FALSE, format.file="eps") {
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```
m <- process$m  
n <- process$n  
  
if( m < 10) {  
  
    unit.number <- as.character(rep(c(1:m),each=(n+1)))  
  
} else {  
  
    unit.number <- paste("0",as.character(rep(c(1:9),each=(n+1))),sep="")  
  
    unit.number <- c(unit.number, as.character(rep(c(10:m),each=(n+1)))) }  
  
subsidence.data <- data.frame(Time=rep(process$Time.points,m),  
  
    Subsidence=matrix(0, ncol=1, nrow=((n+1)*m)),  
  
    Units=unit.number)  
  
for(j in 1:m) {  
  
    cont.1 <- (j-1)*(n+1) + 1  
  
    cont.2 <- j*(n+1)  
  
    subsidence.data$Subsidence[cont.1:cont.2] <- process$Y[j, ] }  
  
if(unit.legend) {  
  
    p <- ggplot(data=subsidence.data, aes(x=Time, y=subsidence, col=Units)) +  
  
        geom_line() + geom_point()  
  
} else {  
  
    p <- ggplot(data=subsidence.data, aes(x=Time, y=Subsidence, group=Units)) +  
  
        geom_line() + geom_point() }  
  
if(Df.line) {  
  
    p <- p + geom_hline(aes(yintercept=Df.level)) }  
  
if(save.plot) {
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```
file.name <- paste("process_", process$Process.name, "_m_", process$m, "_n_",
process$n, ".", format.file, sep="")

ggsave(file.name, p, device=format.file) }

return(p)

# -----
# A general function for simulating several stochastic processes of subsidence.

#
#
#
# -----
simulate.process <- function(m=3, times=seq(0,1,by=0.1),
process.function=r.wiener.fixed, parameters=c(5,2) ) {

value <- process.function(m=m, times=times, parameters=parameters)

return(value)}

# -----
# Evaluates the lsubsidence density for the Wiener process with fixed effects.

#
#
# -----
d.lsubsidence.wiener.fixed <- function(x, parameters, Df) {

par.mean <- Df/parameters[,1]

par.shape <- (Df^2)/parameters[,2]

value <- dinvGauss(x, nu=par.mean, lambda=par.shape)

return(value)}
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```
# -----  
# Evaluates the lsubsidence distribution function for the Wiener process with  
# fixed effects.  
  
# -----  
# -----  
p.lsubsidence.wiener.fixed <- function(x, parameters, Df) {  
  par.mean <- Df/parameters[,1]  
  par.shape <- (Df^2)/parameters[,2]  
  value <- pinvGauss(x, nu=par.mean, lambda=par.shape)  
  return(value)}  
  
s.inv.Gauss <- function(parameters, Df) {  
  par.mean <- Df/parameters[,1]  
  par.shape <- (Df^2)/parameters[,2]  
  value <- sinvGauss( nu=par.mean, lambda=par.shape)  
  return(value)}  
  
# -----  
# Proceso Wiener  
  
# -----  
# *** SimulaciÃ³n de la distorsión angular  
  
# Antes de llevar a cabo las simulaciones se deben especificar las características  
# del marco, como son : Distancia entre apoyos y pendiente de la rotula.  
# Además de convertir la distorsión a porcentaje
```

```
# Parámetros generales
```

```
deriva<-0.8#0.008
```

```
sd<-0.4
```

```
porciento<-100
```

```
long.marcos<- 270
```

```
angulo.rotula<-1.3
```

```
parame1<-porciento*deriva/long.marcos
```

```
parame2<-(porciento*deriva/long.marcos*sd)^2
```

```
proceso <- simulate.process(m=50, times=seq(1, 30, by=1), process.function=r.wiener.fixed,  
parameters=c(parame1,parame2))
```

```
#Estimación de límites de desempeño
```

```
IO <- 100*prediccion.barrera.del.nivel.daño(ND.IO, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula,  
distancia.pred=long.marcos, pendiente.pred= angulo.rotula)
```

```
LS <- 100*prediccion.barrera.del.nivel.daño(ND.LS, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula,  
distancia.pred=long.marcos, pendiente.pred=angulo.rotula)
```

```
CP <- 100*prediccion.barrera.del.nivel.daño(ND.CP, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula,  
distancia.pred=long.marcos, pendiente.pred=angulo.rotula)
```

```
DC <- 100*prediccion.barrera.del.nivel.daño(ND.DC, distancia.entre.apoyos, pendiente.rotula,  
distancia.pred=long.marcos, pendiente.pred=angulo.rotula)
```

```
Límites<-c(1:4)
```

```
aux.pch <- c(1:4)
```

```
aux.col <- c(1:4)
```

```
titulo<- "Nivel de daño"
```

```
leyenda<-c("IO", "LS", "CP","DC")
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```
color<- unique(aux.col)

pch<- c(1:4,NA)

m=10

sl<- c(rep(0,m),1)

ley<- c("bottom","bottomleft", "left", "topleft",
      "top", "topright","right","bottomright","center")

#Gráfica del proceso simulado

distorsion.angular<-t(proceso$Y)

años<-proceso$Time.points

y.lab<- "Distorsión angular"

x.lab="Tiempo"

matplot(años,distorsion.angular,ylab=y.lab, xlab=x.lab, type="l")

abline(h=IO, col=color[1], lwd=2)

abline(h=LS, col=color[2], lwd=2)

abline(h=CP, col=color[3], lwd=2)

abline(h=DC, col=color[4], lwd=2)

Limites<-c(1:4)

aux.pch <- c(1:4)

aux.col <- c(1:4)

titulo<- "Nivel de daño"

leyenda<-c("IO", "LS", "CP","DC")

color<- unique(aux.col)

pch<- c(1:4,NA)
```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

m=10

sl<- c(rep(0,m),1)

ley<- c("bottom","bottomleft", "left", "topleft",
"top", "topright","right","bottomright","center")

lwd=2

par(mfrow=c(1,2))

y.lab<-"Probabilidad de exceder un estado de daño límite"

x.lab<-"Tiempo"

tiempo.seq<- seq(6,30,by=.1)

curve.fragility.IO<-d.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), IO)

curve.fragility.LS<-d.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), LS)

curve.fragility.CP<-d.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), CP)

curve.fragility.DC<-d.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), DC)

fragility.curves <-

cbind(curve.fragility.IO,curve.fragility.LS,curve.fragility.CP,curve.fragility.DC)

#matplot(tiempo.seq,fragility.curves, type="l", col=c("orange", "blue", "green",
"purple"),lwd=2,xlim=c(min(tiempo.seq),max(tiempo.seq)),col=col[color],pch=aux.pch)

matplot(tiempo.seq,fragility.curves,type=

"l",lty=1,lwd=2,xlim=c(min(tiempo.seq),max(tiempo.seq)),col=color,pch=aux.pch, xlab=x.lab,
ylab=y.lab)

legend(x=ley[4],title=titulo,cex=.5,legend=leyenda,lty=1,lwd=lwd,col=color, text.col= color)

y.lab<-"Probabilidad de exceder un estado de daño límite"

x.lab<-"Tiempo"

curve.fragility.IO<-p.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), IO)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

```

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
curve.fragility.LS<-p.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), LS)
curve.fragility.CP<-p.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), CP)
curve.fragility.DC<-p.lsubsidence.wiener.fixed(tiempo.seq, t(c(parame1,parame2)), DC)
fragility.curves <-
cbind(curve.fragility.IO,curve.fragility.LS,curve.fragility.CP,curve.fragility.DC)
matplot(tiempo.seq, fragility.curves, type="l", lty= 1,col=color,lwd=2, xlab=x.lab, ylab=y.lab)
legend(x=ley[4],title=titulo,cex=.5,legend=leyenda,lty=1,lwd=lwd,col=color, text.col= color)
media.IO<-s.inv.Gauss(t(c(parame1,parame2)), IO)
media.IO$Mean
media.LS<-s.inv.Gauss(t(c(parame1,parame2)), LS)
media.LS$Mean
media.CP<-s.inv.Gauss(t(c(parame1,parame2)), CP)
media.CP$Mean
media.DC<-s.inv.Gauss(t(c(parame1,parame2)), DC)
media.DC$Mean
# -----
# Dibujar proceso simulado
# -----
x11()
p <- plot.process(proceso, Df.line=TRUE, Df.level=Df)
plot(p)

```

Bibliografía

- ATC-40 (1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Applied Technology Council, Redwood City, USA
- Brown, R., 1828. A brief account of microscopical observations made on the particles contained in the pollen of plants, London, England. London and Edinburgh philosophical magazine and journal of science 4, 161-173.
- Burbey, T., 2002. The influence of faults in basin-fill deposits on land subsidence, Las Vegas Valley, Nevada, USA. *Hydrogeology Journal* 10, 525–538.
- Canto Contreras, J.T; Alamilla López J.L. (2011) Análisis de confiabilidad de estructuras de varios grados de libertad. Sociedad Mexicana de ingeniería estructural. México.
- Chandrasekaran, S, Nunziante, L, Serino, G, Carannante, F, (2010), “Seismic design aids for nonlinear analysis of reinforced concrete structures”, CRC Press, Boca Raton, Fl,
- Esquivel Ramírez, R., Zermeño de León, M. E., & Arellano Sánchez, J. (2004). Análisis geodésico de la subsidencia en la ciudad de Aguascalientes. *Revista Cartográfica*, 23-39.
- Estêvão, J. M. and Oliveira, C. S. (2015). “A new analysis method for structural failure evaluation”. *Engineering Failure Analysis*, 56, pp. 573-584.
- FEMA (1996) Performance based seismic desing of buildings: An action plan for future studies issue papers, Federal Emergency Management Agency, Report no. P-283, Washington D.C
- FEMA (2009) Quantification of Building Seismic Performance Factors, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA P-695, Washington, D.C.
- FEMA (2018) Seismic Performance Assesment of Buildings, volume I, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA P-58-1, Washington D.C.

- FEMA (2018) Seismic Performance Assesment of Buildings, volume VI, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA P-58-6, Washington D.C.
- Hidalgo Leiva, D, "Análisis estructural probabilista orientado a evaluación del daño sísmico con aplicaciones a tipologías constructivas empleadas en Costa Rica", Tesis Doctoral, UPC, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, 2017.
- Isik, Ercan and Özdemir, Mesut (2017) "Performance based assessment of Steel frame structures by different material models". International Journal of Steel Structures 17(3), pp. 1021-1031.
- Krawinkler, H. and Seneviratna, G. D. P. K. (1998). Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation. Engineering structures, 20(4), pp. 452-464
- Pacheco Martínez, Jesús; Hernández Marín, Martín; Burbey, Thomas J; González Cervantes, Norma; Ortiz Lozano, José A; Zermeño de León, Mario E; Solís Pinto, Alfredo (2013). Land Subsidence and ground failure associated to groundwater exploitation in the Aguascalientes valley, México. Engineering Geology, 172-186
- Página de internet del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática INEGI https://www.inegi.org.mx/app/tabcuadros/pxweb/inicio.html?rxid=d518b312-a32e-4d23-a8dd-08a64c187a6c&db=Poblacion&px=poblacion_01 revisada el 08/06/2019
- Ross, Sheldon M (1997). "Introduction to probability models", 6th edition, San Diego CA, USA, Academic Press.
- Safina Melone, S. "Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico". Tesis doctoral, UPC, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, 2003.
- Saloustros, S, Pelà, L, Romana Contrafatto, F, Roca, P, Petromichelakis, I, (2019). Analytical derivation of seismic fragility curves for historical masonry structures based on stochastic analysis of uncertain material parameters, Barcelona España, International Journal of Architectural Heritage, 13(7), pp. 1142-1164

- SEAOC (1995). Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA
- Vargas-Uribe, C, Acevedo, María J, González, G, Redondo, R, Duque C, G, Peña, L, Ensayo de tracción de probetas metálicas, Cartagena, Colombia, Universidad Tecnológica de Bolívar, 2019
- Zermeño de León, Mario, Esquivel Ramírez, Rubén, Hernandez Navarro, Antonio, Mendoza Otero, Enrique, Arellano Sánchez, Javier, “Influencia de la extracción del agua en la subsidencia y agrietamiento de la ciudad de Aguascalientes” Aguascalientes, México, Investigación y ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes, PP 15-24, 2014

