

**MODELACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
TRANSFERENCIA DE CARGA DE PISOS INDUSTRIALES USANDO UN  
PROGRAMA BASADO EN EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (M.E.F)**

**DANIEL ORLANDO ESPINOSA CÁRDENAS  
MILTON ERNESTO VILLALOBOS BERNAL**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2014**

**MODELACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
TRANSFERENCIA DE CARGA DE PISOS INDUSTRIALES USANDO UN  
PROGRAMA BASADO EN EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (M.E.F)**

**DANIEL ORLANDO ESPINOSA CÁRDENAS  
MILTON ERNESTO VILLALOBOS BERNAL**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil**

**Director  
Juan Carlos Ruge Cárdenas  
Ingeniero Civil**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2014**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Ing. Juan Carlos Ruge  
Director de Proyecto

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá, 26/MAYO/ 2014

Como primera medida queremos dar gracias a Dios y ofrecer los más sinceros agradecimientos, a las personas que siempre ante toda adversidad nos brindaron su apoyo incondicional y contribuyeron en el aprendizaje diario en nuestra carrera profesional, personajes que serán mencionados seguidamente.

Los valores y las enseñanzas para el crecimiento como personas fueron infundidos desde el hogar y hoy valoramos y agradecemos el esfuerzo de nuestros familiares [Padre, Madre y hermanos(a)], por esa gran labor y apoyo y la ayuda brindada de comienzo a fin, en nuestra carrera profesional.

Gracias a su cariño, a su paciencia, a su tolerancia, y todo aquello que hicieron y hacen por nuestro bienestar; queremos que esta sea una de las pocas cosas que podemos brindarles como fruto de su gran trabajo y dedicación, ya que sin ustedes esto no podría ser realidad.

Queremos agradecer a los docentes e ingenieros que contribuyeron con sus conocimientos y experiencia y que a diario realizaron una excelente labor como profesionales, formando personas con grandes valores y altamente profesionales.

No falta mencionar a nuestros demás familiares [tíos(as), primos(as) y abuelos(as)], amigos que en nuestra etapa universitaria se convirtieron en uno más de nuestros familiares.

Con mucho cariño, con mucha dedicación, con mucho esfuerzo y con mucho amor para ustedes, por su ayuda y apoyo en este primer e importante logro.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
1. ANTECEDENTES .....	13
2. OBJETIVOS .....	15
2.2 OBJETIVO GENERAL .....	15
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
4. PROCEDIMIENTO Y ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO INDUSTRIAL EN CONCRETO .....	18
4.1 PISOS INDUSTRIALES .....	18
4.2 LOS PASADORES DE CARGA .....	19
4.3 CONCRETO PARA PISO INDUSTRIAL .....	20
4.4 EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS .....	20
4.5 JUNTAS .....	21
4.5.1 Juntas de contracción.. .....	22
4.5.2 Juntas de construcción.. .....	22
4.5.3 Juntas por aislamiento. ....	22
4.5.4 Juntas de expansión. ....	22
4.5.5 Dovelas o pasadores de carga. ....	22
5. ENSAYOS, ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	23
5.1 ENSAYO NUMERO 1 .....	24
5.2 ENSAYO NUMERO 2 .....	26
5.3 ENSAYO NUMERO 3.....	28
6. CONCLUSIONES .....	30
7. BIBLIOGRAFIA .....	32

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de clasificación de pisos ACI 302.....	13
Figura 2. Transferencia de cargas en las juntas con dovelas o pasadores de carga .....	16
Figura 3. Detalle dovelas o pasadores de Carga .....	17
Figura 4. Elaboración de un piso industrial .....	19
Figura 5. Tipos de cargas para los ensayos.....	23
Figura 6. Deformación máxima con una carga de eje simple con rueda doble .....	24
Figura 7. Deformación mínima con una carga de eje simple con rueda doble .....	24
Figura 8. Deformación total con una carga de eje simple con rueda doble .....	25
Figura 9. Deformación máxima con una carga de eje tándem con rueda doble ...	26
Figura 10. Deformación mínima con una carga de eje tándem con rueda doble ..	26
Figura 11. Deformación total con una carga de eje tándem con rueda doble .....	27
Figura 12. Deformación máxima carga de eje triple, rueda doble .....	28
Figura 13. Deformación mínima de la carga de eje triple, rueda doble .....	28
Figura 14. Deformación total con una carga de eje triple, rueda doble .....	29



## GLOSARIO

**CEMENTO:** Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

**CIMIENTO:** Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo.

**CONCRETO:** El hormigón o concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

**DEFORMACIÓN:** El hormigón como todo cuerpo sólido, se deforma al cargarse, y esta deformación depende de la magnitud de la carga y del tiempo que esta dure.

**DOVELAS:** Es un elemento constructivo que conforma un arco y que puede ser de diferentes materiales, como ladrillo o piedra. Actualmente se elaboran en hormigón (concreto) armado o pretensado.

**ESFUERZO INTERNO:** En ingeniería estructural, los esfuerzos internos o esfuerzos de sección son magnitudes físicas con unidades de fuerza sobre área utilizadas en el cálculo de piezas prismáticas como vigas o pilares y también en el cálculo de placas y láminas.

**GEOMORFOLOGÍA:** Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

**IMPACTO:** Impresión emocional intensa que causa un determinado hecho o su difusión.

**LOSA:** Es una placa de hormigón apoyada sobre el terreno la cual reparte el peso y las cargas del edificio sobre toda la superficie de apoyo.

**PISO INDUSTRIAL:** Es una superficie diseñada para soportar usos rudos y ataques físicos o químicos que un piso de condiciones normales no resistiría.

**TERREMOTO:** (Eventualidad sísmica). También llamado seísmo o sismo es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas.

## RESUMEN

El propósito de esta investigación es analizar por medio del programa Everfe, software basado en el método de elementos finitos el comportamiento de la transferencia de carga en pisos industriales.

El anterior proyecto nace del consenso entre los autores del documento y el tutor de la asignatura, la cual dirige un grupo de investigación adscrito al programa de ingeniería civil ofrecido por la Universidad.

Como primera etapa se comienza con el estudio y manejo del software para la implementación en pisos industriales, esto con la ayuda del tutor y archivos de instrucciones del programa.

Como segunda instancia se investiga la mayor información posible acerca de los pisos industriales en libros, revistas, artículos y la web con su debido proceso de construcción, los elementos (materiales) y las características más significativas en su tiempo de elaboración.

Después de haber clasificado y seleccionado adecuadamente la información más útil encontrada a nivel nacional e internacional. Se realizan los ensayos con el programa Everfe simulando cargas en el punto medio de la losa de los pisos industriales, para así tener un estimado de su comportamiento y su grado de afectación dependiendo de la carga que es aplicada. Se conocerán deformaciones, esfuerzos máximos y mínimos.

Así luego de los ensayos se estimaran el grado de deterioro que puede tener una losa de pisos industriales sometidos a cambios constantes de cargas, se compararan y determinara en lugar de mayor resistencia en una losa para pisos industriales.

Con este programa el cual se puede descargar en la web totalmente gratis, se tienen herramientas útiles para acelerar y facilitar el análisis del comportamiento de cualquier losa hecha en concreto.

## INTRODUCCIÓN

Los pisos industriales, son por lo general estructuras de concreto que tienen características específicas, como su alta resistencia mecánica, química y resistencia al impacto, este tipo de piso está diseñado para soportar usos rudos, es decir que puedan tolerar cualquier aplicación de carga.

Por lo tanto sus condiciones de servicio son más exigentes ya que con este tipo de estructura se busca una mejor resistencia en el material y mayor durabilidad de igual forma controlar los agrietamientos ya que estos son ocasionados generalmente por cambios volumétricos en los elementos del concreto.<sup>1</sup>

Para controlar la aparición de dichos agrietamientos se utilizan las juntas, que le permiten al concreto tener un pequeño movimiento, reduciendo así los esfuerzos debidos a la contracción por secado, disminuyendo la posibilidad de figuración de las losas. Para la fabricación de dicho piso actualmente se usan fibras sintéticas o metálicas, acero reforzado, aditivos reductores de contracción. etc.

Además en la elaboración de un concreto durable también se debe tener un equilibrio entre costo y funcionalidad dado que son diseñados para industrias que no se pueden detener en la realización de mantenimientos periódicos.

En la elaboración y resistencia de este tipo de piso la construcción y manejo del concreto es esencial, algunas características de este son controladas en el diseño de la mezcla pero en la construcción del piso se controlan otras muy importantes, como la dosificación y manejabilidad por eso se debe evitar en su distribución, la segregación y fraguado antes de su colocación, lo que en algunas regiones del país se dificulta un poco a causa de los cambios toscos de temperatura.

Siendo así si se instalara un piso industrial en Bogotá seguramente sus cambios bruscos de temperatura retardaran la hidratación y en consecuencia retrasan los tiempos de fraguado del concreto.

Como causa un buen piso industrial, es el resultado de una buena planeación, un diseño adecuado según las necesidades (uso, cargas, requerimientos estéticos), buen detalle del mismo, tener especificaciones adecuadas, completas y claras, buena selección de los materiales a utilizar, excelente planificación de los procedimientos constructivos y mano de obra calificada.

---

<sup>1</sup>LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto, FLOREZ ZAPATA, Claudia Lucia. Manual de diseño, construcción y mantenimiento de pisos industriales. 3 ed. Medellín: ICPC, 2006. p. 36

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizara una investigación usando un programa basado en elementos finitos (E.F) para la modelación numérica del comportamiento de la transferencia de carga en pisos industriales.<sup>2</sup>

Por último se recopilara un análisis de losas en pisos industriales como resultados obtenidos en los ensayos mediante el software, estableciendo numéricamente las variaciones que se obtuvieron, examinando que tan factible y recomendable es en la ingeniería la construcción de pisos industriales.

---

<sup>2</sup> RINGO, Boyd C., ANDERSON, Robert B. Designing floor slabs on grade. 2 ed. Bogotá DC: Aberdeen Group, 2007. p. 56

## 1. ANTECEDENTES

En Colombia Existen 9 tipos de pisos que dependen de la exigencia y calidad de piso que se quiere obtener, para uso de la investigación revisamos la Norma ACI 302, la cual clasifica los pisos industriales en Colombia y estos se fabrican con el requerimiento de la clase 6 según norma.<sup>3</sup>

Figura 1. Tabla de clasificación de pisos ACI 302

<b>6.</b> Una capa sencilla	<b>TIPO ANTICIPADO DE TRÁNSITO</b>	<b>USO</b>
	Superficie expuesta tránsito industrial vehicular de servicio pesado, es decir, ruedas duras y cargas pesadas en ruedas.	Pisos industriales sujetos a tránsito pesado; pueden estar sujetos a cargas de impacto.
	<b>CONSIDERACIONES ESPECIALES</b>	<b>ACABADO FINAL</b>
	Subrasante buena y uniforme, disposición de juntas, transferencia de carga a resistencia a la abrasión, curado.	Endurecedor de superficie especial de agregado metálico o mineral; alisado intenso con llana de acero repetido.

**Fuente:** VÉLEZ, Juan Ernesto. Clasificación de pisos industriales – ACI 302. [En línea]. Colombia: 360 grados -blog en concreto 2014. [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.360gradosblog.com/index.php/clasificacion-de-pisos-industriales-aci-302> >

Este diseño de pisos industriales abarca una gran demanda en el sector constructivo, pero se han implementado nuevas ofertas, tecnologías como lo son entre otras, los pisos industriales postensados, pero estos son pisos de un alto costo para su construcción (torones, gatos hidráulicos, armado de ductos, etc.) y a esto se le suma la mano de obra que se requiere, lo que hace un poco más compleja su fabricación.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> VÉLEZ, Juan Ernesto. Clasificación de pisos industriales – ACI 302. [En línea]. Colombia: 360 grados -blog en concreto 2014. [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.360gradosblog.com/index.php/clasificacion-de-pisos-industriales-aci-302> >

<sup>4</sup> HOLCIM. Construcción y tecnología en concreto. [En línea]. Colombia: Holcim, 2010 [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html> >

En otros países por otra parte encontramos el concreto compensador de contracción (CCC), éste puede ser fabricado con un aditivo que junto con el cemento logran un efecto expansivo en el concreto, el cual es usado para minimizar el agrietamiento presentado en la contracción por secado, también dan unas contracciones menores a las de un concreto normal, demostrando ser más eficiente al momento de contrarrestar no solo la contracción por fraguado rápido, sino la contracción a largo plazo de las losas de concreto, obteniendo beneficios como mayor calidad, durabilidad y posiblemente menores costos en su elaboración.

Estos son algunos avances en los que se ven atrasadas las empresas de nuestro país, por los cuales es de gran importancia saber de estos estudios para en un futuro mejorar en el desarrollo de pisos industriales.<sup>5</sup>

En conclusión, con el programa tendremos la facilidad de dimensionar el grado de deformación de cualquier tipo de concreto, aplicando ensayos de cargas en el software y lograr tener un estimativo del momento en que la losa presente esfuerzos o cambios que conlleven a una remodelación necesaria de ella.

---

<sup>5</sup> SUPRENANT, Bruce A. & MALISCH, Ward R. Repairing curled slabs. Advantages and limitations of different repair techniques. [En línea]. The Aberdeen Group [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: [http://www.concreteconstruction.net/Images/Repairing%20Curled%20Slabs\\_tcm45-356804.pdf](http://www.concreteconstruction.net/Images/Repairing%20Curled%20Slabs_tcm45-356804.pdf) >

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2 OBJETIVO GENERAL**

Simular por medio de un programa de elementos finitos (E.F) denominado Everfe, una modelación numérica para la transferencia de carga en un piso industrial.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

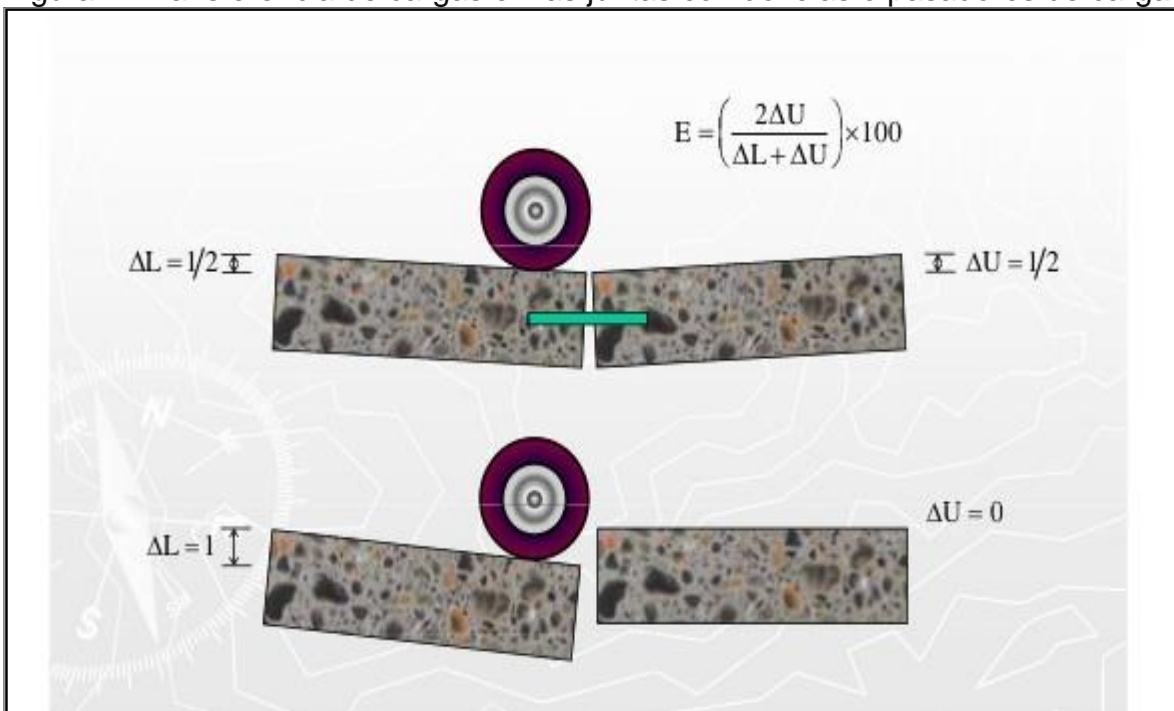
- Mediante una modelación numérica analizar los esfuerzos resultantes debidos a la transferencia de carga.
- Analizar en la estructura la teoría de la transferencia de carga en este tipo de losas de concreto hidráulica.
- Estudiar los datos de entrada del software Everfe de acuerdo a la modelación del problema planteado.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un piso industrial de concreto viene siendo el resultado de la planeación, los detalles del diseño, la selección apropiada de materiales, especificaciones completas, inspección apropiada y buena mano de obra. Así mismo son pisos donde su repetición de carga genera esfuerzos mayores en los bordes de las juntas, que son mucho más grandes cuando las cargas permanecen cerca a los bordes.

De igual forma deben soportar inicialmente la contracción por secado del concreto, al igual que la contracción y expansión por efectos térmicos e incluso ataques químicos, generando diferentes problemas en el piso de concreto, como reducción en sus propiedades físico mecánicas, figuración, agrietamiento, alabeo y desnivelación entre las losas.

Figura 2. Transferencia de cargas en las juntas con dovelas o pasadores de carga



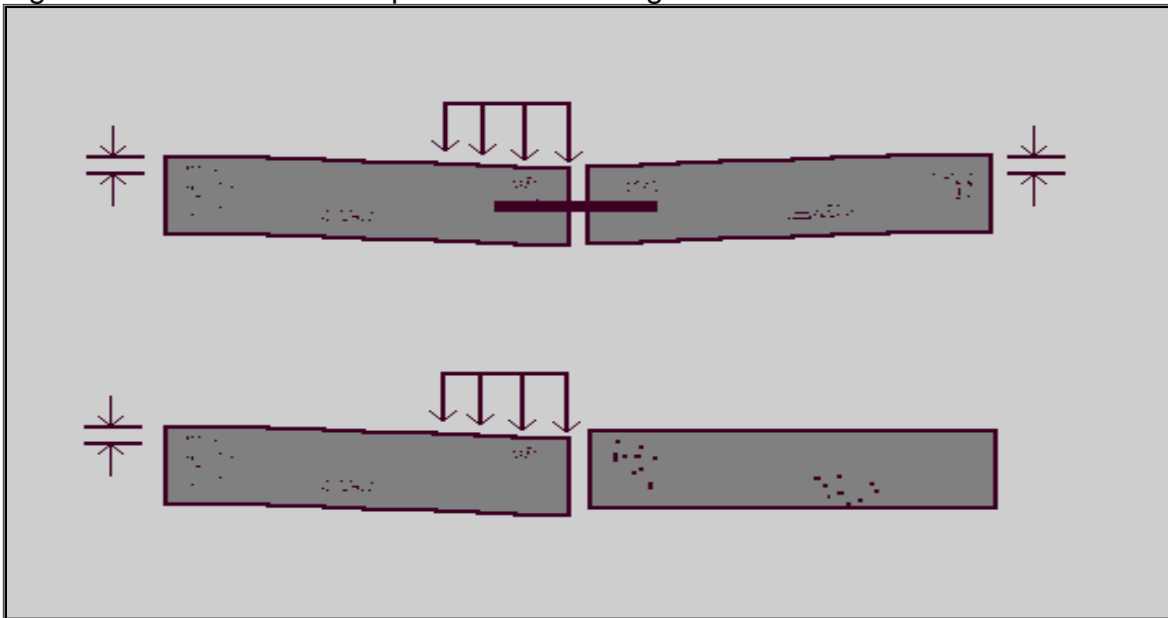
**Fuente:** SÁNCHEZ ACEVEDO, Iván Ricardo. Transferencia de carga en pavimentos rígidos. [En línea]. Slideshare: Medellín 15 julio, 2011. Citado el 10 de Abril, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://es.slideshare.net/360gradosenconcreto/transferecia-de-carga-20110715-2> >

Por esto se deben fortalecer los bordes de las juntas con un sistema que tenga mayor rigidez transmitiendo las cargas a las losas adyacentes para disminuir los esfuerzos y deflexiones que se generan, para disminuir dichos esfuerzos y flexiones se están utilizando en pisos industriales y pavimentos de concretos un



sistema muy tradicional conocido como dovelas o pasadores de carga, los cuales se utilizan principalmente en pisos industriales con cargas pesadas y frecuentes para evitar el levantamiento de las losas y agrietamientos futuros. Este sistema se encuentra regulado por la Norma ACI 302.1R-04 lo que hace que el riesgo esté limitado y lo más importante, hay una utilización más eficiente Del acero que se consume.<sup>6</sup>

Figura 3. Detalle dovelas o pasadores de Carga



SÁNCHEZ ACEVEDO, Iván Ricardo. Transferencia de carga en pavimentos rígidos. [En línea]. Slideshare: Medellín 15 julio, 2011. Citado el 10 de Abril, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://es.slideshare.net/360gradosenconcreto/transferecia-de-carga-20110715-2> >

<sup>6</sup> LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Diseño, construcción y mantenimiento de pisos industriales. 3 ed. Medellín: ICPC, 2003. p. 60

## 4. PROCEDIMIENTO Y ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO INDUSTRIAL EN CONCRETO

Como lo hemos mencionado anteriormente, la construcción de un buen piso industrial en concreto exige una muy buena comunicación entre propietario, usuario, ingeniero contratista y proveedor de concreto, además de un proceso constructivo adecuado, del cual daremos referencia en los siguientes ítems.

- **Preparación del suelo:** la compactación y nivelación del suelo, pues recibirá las cargas para las que ha sido diseñado.
- **Formaleta:** Fundamental contar con formaleta que esté en perfecto estado y preferiblemente metálicas. Para la nivelación es conveniente utilizar niveles láser.
- **Colocación de acero de refuerzo:** de requerirse malla metálica, debe verificarse que la misma se interrumpa en cada junta para evitar tensiones de contracción que fisuren en lugares del piso no deseado. La continuación entre las losas se logra con la colocación de pasa juntas o pasadores de carga que deberán estar alineados y engrasados.
- **Vaciado del concreto:** el concreto debe ser especificado por el dueño y el diseñador del piso. En las especificaciones deben incluirse las siguientes consideraciones: Cuantías mínimas de material cementante kg/m<sup>3</sup>, relación agua/cemento, especificar si el concreto lleva fibra, cuantía, tipo Asentamiento, tamaño máximo de los agregados, fraguado del concreto.<sup>7</sup>

### 4.1 PISOS INDUSTRIALES

Es una estructura de concreto diseñada para soportar cualquier aplicación de carga.

- Cargas móviles (vehículos pesados, montacargas y cualquier vehículo que este en contacto con la superficie de la losa.)
- Cargas uniformemente distribuidas (aplicadas directamente sobre la superficie de la losa de concreto)

Este tipo de piso tiene características específicas, como su alta resistencia mecánica, química y resistencia al impacto. Para la elaboración de un piso

---

VÉLEZ, Juan Ernesto. Clasificación de pisos industriales – ACI 302. [En línea]. Colombia: 360 grados -blog en concreto 2014. [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.360gradosblog.com/index.php/clasificacion-de-pisos-industriales-aci-302> >

industrial es necesario tener una buena planeación, un diseño adecuado según las necesidades (uso, cargas, requerimientos estéticos) buen detalle del mismo, tener especificaciones adecuadas, completas y claras, buena selección de los materiales a utilizar, excelente planificación de los procedimientos constructivos y mano de obra calificada.

Figura 4. Elaboración de un piso industrial



**Fuente:** A TODA OBRA S.A.S. elaboración de un piso industrial. [En línea] La Empresa: Colombia, Febrero 2012. [Citado el 20 de marzo, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://atodaobra.com/pisos-industriales/> >

## 4.2 LOS PASADORES DE CARGA

Llamados también dovelas, son barras de acero liso, colocadas en las juntas de manera que no se restrinja el movimiento horizontal de las losas. Las dovelas ayudan también a disminuir la deflexión y los esfuerzos en las losas reduciendo, en consecuencia, el escalonamiento y el bombeo, además de las fisuras de esquina posibles. Todo esto trae como resultado un incremento en la vida útil del pavimento o piso en concreto a realizar. El objeto de los pasadores no es limitar los movimientos horizontales que tienen lugar cuando el hormigón se expande o se contrae por efectos térmicos.

Deben tomarse precauciones para evitar la adherencia de los pasadores al hormigón.

Para lograr esto, en construcciones nuevas, el pasador se cubre con un

compuesto que evite esa adherencia antes de proceder al hormigonado. El compuesto más empelado para este fin es la grasa, asfalto o emulsión asfáltica también pueden usarse. Cualquiera sea el material usado debe cuidarse que la capa de material que cubre el pasador sea muy delgada. Una capa gruesa del material no adherente crea un espacio entre el pasador y el hormigón que atenta contra el buen comportamiento de la junta.<sup>8</sup>

### **4.3 CONCRETO PARA PISO INDUSTRIAL**

Los concretos de contracción compensada han encontrado una aplicación particular en los pisos industriales y otro tipo de estructuras que buscan controlar las fisuras, como por ejemplo pavimentos rígidos y tanques de almacenamiento en concreto. Una de las mayores desventajas del concreto hidráulico es la susceptibilidad a los esfuerzos debidos a la tensión por cambios volumétricos asociados al fraguado los cuales producen fisuraciones.

Los cambios volumétricos durante el curado del concreto son pequeños, las grandes variaciones se producen en el momento del fraguado, cuando pasa de un estado plástico a uno sólido; para evitar la aparición de fisuras antiestéticas en el concreto fruto de la contracción por secado, se usan las juntas. Sin embargo, a través de ellas se pueden generar varios problemas, por lo que con este estudio lo que se busca es disminuirlas y buscar que los efectos de las contracciones producidas tras el secado puedan ser compensados.<sup>9</sup>

### **4.4 EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS**

(MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

El MEF se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas físicos y biológicos complejos. La variedad de problemas a los que puede aplicarse ha crecido enormemente, siendo el requisito

---

<sup>8</sup> LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Consejos para obtener un buen pavimento de concreto. EN: Revista NOTICRETO No. 40 (Diciembre 2012). [En línea]. Construdata. Colombia. [Citado el 22 de Marzo, 2014]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pavimento/pavimento2.htm> >

<sup>9</sup> GRACIA ALARCÓN, Oscar Alberto; QUESADA BOLAÑOS, Gonzalo. Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato en Colombia. [En línea] Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá D.C., Octubre 2012. [Citado el 24 de Marzo, 2014]. Disponible en Internet: < URL: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/2624> >

básico que las ecuaciones constitutivas y ecuaciones de evolución temporal del problema a considerar sean conocidas de antemano.

#### **4.5 JUNTAS**

Las juntas tienen un papel fundamental en el desempeño y durabilidad de las losas de concreto apoyadas sobre el terreno. Es vital conocer y comprender las tecnologías, procedimientos y técnicas disponibles para la modulación de las losas, los sistemas de transferencia de carga, así como los procesos de construcción de las juntas en pisos industriales y pavimentos de concreto, con el fin de garantizar el buen comportamiento del sistema.

La vida útil de las estructuras fabricadas en concreto depende de los esfuerzos desarrollados en las juntas. Por esto, cualquier cosa que se haga para disminuir los esfuerzos en los bordes de las losas tiene como consecuencia un incremento para la durabilidad de la estructura.

En consecuencia se puede decir que las juntas controlan las fisuras y agrietamientos que ocurren en los extremos de las losas, generados por los gradientes hidráulicos y térmicos y cargas aplicadas que actúan sobre dicha losa, reduciendo así los esfuerzos debidos a la contracción por secado, disminuyendo la posibilidad de fisuración de las losas.

Cuando el concreto está en su tiempo de fraguado encuentra elementos que le impiden un asentamiento normal, como el acero de refuerzo, los agregados grandes y diferentes cambios de temperatura, ocasionando esfuerzos en el concreto este fenómeno es común cuando las juntas son reforzadas con pasadores estos se pueden desacomodar y no quedar paralelos con la subrasante y entre sí, lo que induce esfuerzos que pueden causar fisuras. Tan importante como conocer lo que hay que hacer, es conocer lo que no hay que hacer, alertando sobre procedimientos inadecuados tanto de diseño como de construcción, que eviten daños prematuros en pisos y pavimentos de concreto ocasionados por el desempeño de las juntas.<sup>10</sup>

Existen varios tipos de juntas empleadas en pisos industriales de concreto, dependiendo de la ubicación, condiciones de obra y su función. Las más comúnmente usadas son:

---

<sup>10</sup> SÁNCHEZ ACEVEDO, Iván Ricardo. Transferencia de carga en pavimentos rígidos. [En línea]. Slideshare: Medellín 15 julio, 2011. Citado el 10 de Abril, 2014]. Disponible en internet:URL:[http://www.asocreto.org.co/Sitio2/index1.php?sec=19&id\\_cat=26&id\\_sub=37](http://www.asocreto.org.co/Sitio2/index1.php?sec=19&id_cat=26&id_sub=37)

**4.5.1 Juntas de contracción.** Este tipo de junta Permiten el movimiento horizontal de las losas, generados por los cambios ambientales y controlan la fisuración que pueden causar los esfuerzos de tracción por alabeo y por la retracción del concreto mientras se da la hidratación del cemento. Estas definen las dimensiones de las losas en ambos sentidos por ello se pueden localizar longitudinal y transversalmente.<sup>11</sup>

**4.5.2 Juntas de construcción.** En este tipo de junta cuando las cargas externas son muy altas es necesario aumentar el espesor y también se pueden utilizar pasadores. Su fabricación se lleva a cabo al terminar la jornada de trabajo o cuando sea necesario interrumpir la actividad por imprevisto, la separación entre las juntas longitudinales de construcción no deben superar los 5 metros, por lo general está restringido por el equipo de vibración empleado. Las que se localizan transversalmente deben coincidir en lo posible con las juntas de contracción o alabeo.

**4.5.3 Juntas por aislamiento.** Se elaboran para aislar el piso de estructuras fijas diferentes a la losa, que estén en contacto con ella, como columnas, bases de máquinas y sumideros. Para así permitir los movimientos diferenciales tanto verticales como horizontales, evitando los esfuerzos generados por las restricciones.

**4.5.4 Juntas de expansión.** Son juntas que se hacían para permitir la expansión del concreto, pero se ha comprobado que la contracción del material es de una magnitud mayor a la de la expansión, por lo tanto las juntas de contracción pueden absorber este movimiento, por ello hoy no se hacen este tipo de juntas.

**4.5.5 Dovelas o pasadores de carga.** Los pasadores de carga, llamados también dovelas, son barras de acero liso, colocadas en las juntas de manera que no se restrinja el movimiento horizontal de las losas. Las dovelas ayudan también a disminuir la deflexión y los esfuerzos en las losas reduciendo, en consecuencia, el escalonamiento y el bombeo, además de las fisuras de esquina posibles. Todo esto trae como resultado un incremento en la vida útil de la estructura en concreto, estos pasadores deben ser recubiertos de un material antiadherente en uno de sus extremos para asegurar que no restrinjan el movimiento horizontal de la losa sin dejar de transferir adecuadamente las cargas.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> LONDOÑO NARANJO, cipriano Alberto; FLOREZ ZAPATA, Claudia Lucia. Op. cit., p. 10

<sup>12</sup> LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Op. cit.,p. 15

## 5. ENSAYOS, ANÁLISIS Y RESULTADOS

En la investigación se crearán tres tipos de ensayos con el programa (Everfe) en el cual la losa y la base tendrán las mismas dimensiones para los tres casos, pero se aplicaran cargas diferentes en el centro de la losa para determinar en qué punto de ella se presentan las deformaciones máximas y mínimas, para así tener un análisis aproximado de falla en los pisos industriales.

Las cargas que se pueden simular en el software son las siguientes:

Figura 5. Tipos de cargas para los ensayos



Eje simple -  
rueda doble



Eje tándem –  
rueda doble



Eje triple –  
rueda doble

**Fuente:** ESCUELA DE INGENIEROS. Tipos de cargas. [En línea]. Escuela de ingenieros, Marzo 2010 [Citado el 30 de abril, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/>>

## 5.1 ENSAYO NUMERO 1

Figura 6. Deformación máxima con una carga de eje simple con rueda doble

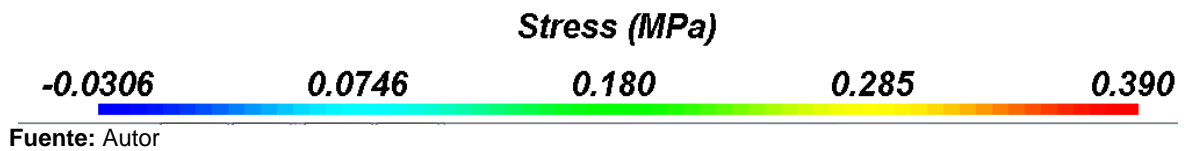
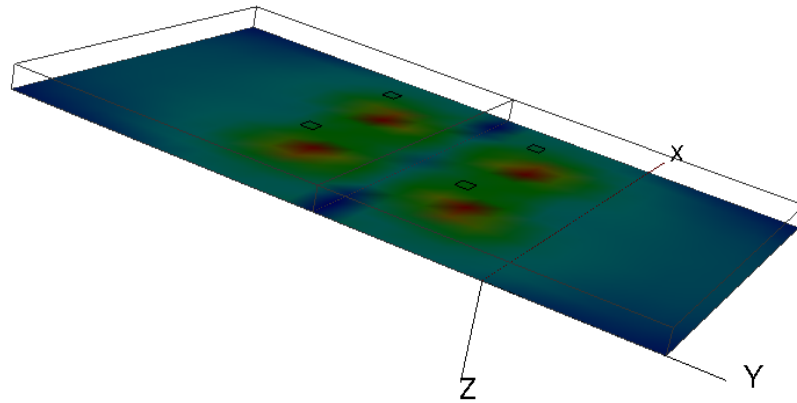


Figura 7. Deformación mínima con una carga de eje simple con rueda doble

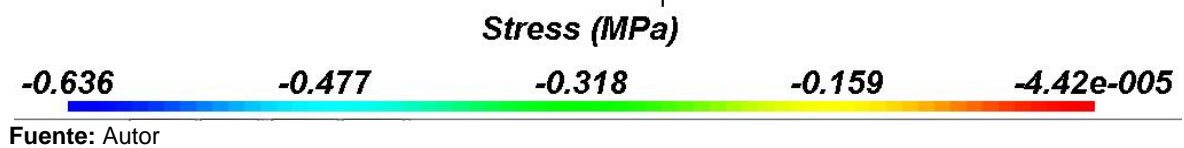
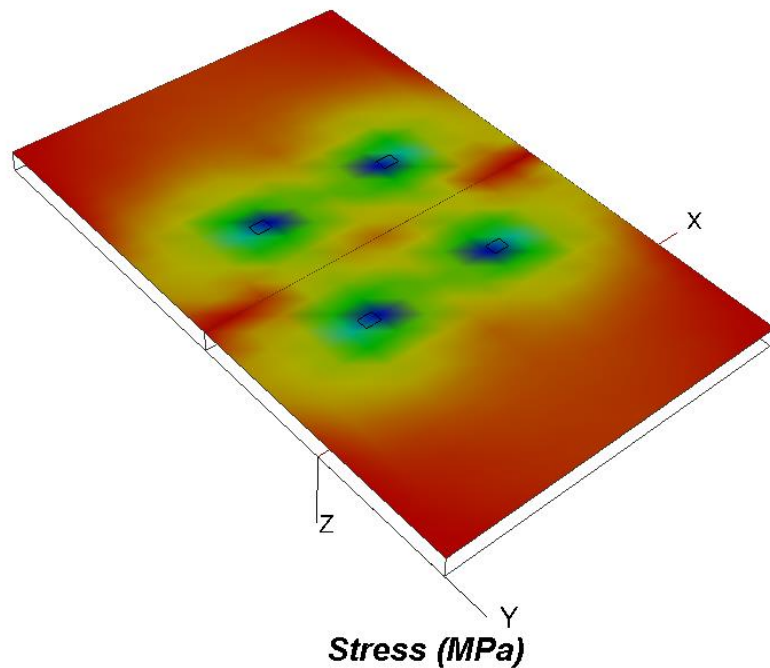
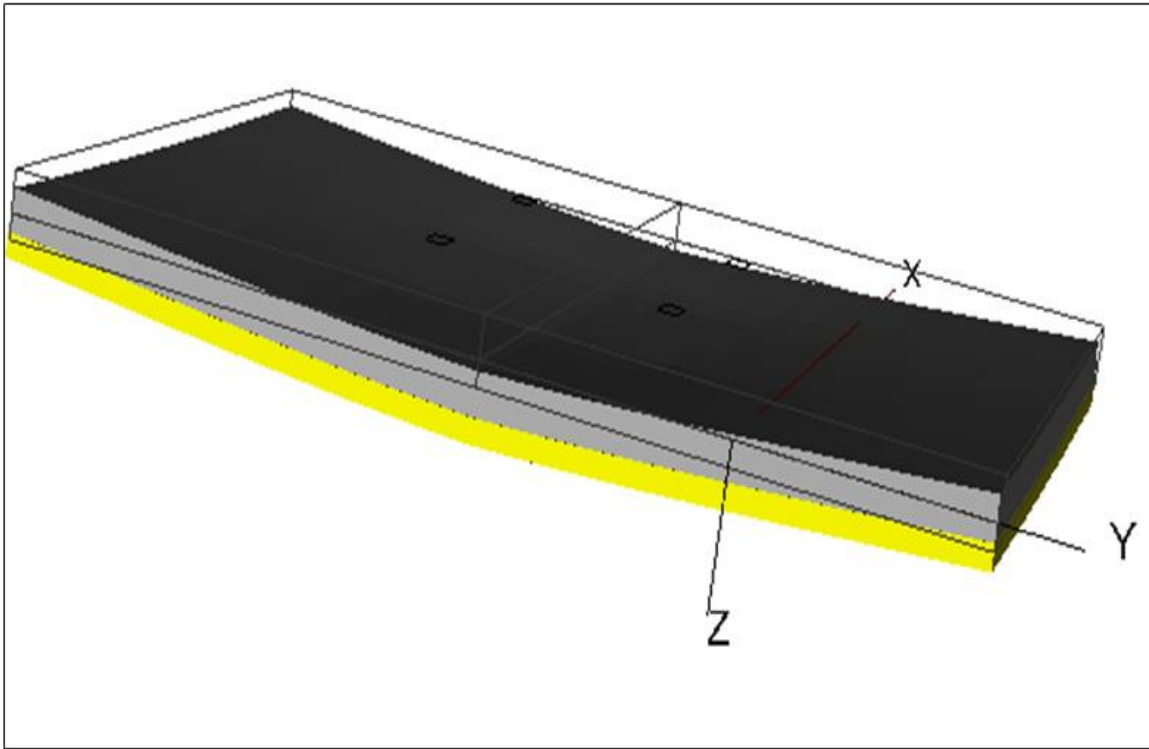




Figura 8. Deformación total con una carga de eje simple con rueda doble



Fuente: Autor

Para el primer ensayo se utilizó una carga de camión de eje tándem con rueda simple, aplicada en el centro de losa, losa que tiene por dimensión 25 cm y respectivamente una base de 15 cm. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

La máxima deformación se presenta en la parte inferior de la losa con un valor de 0.39 Mpa.

La mínima deformación se presenta en la parte superior de la losa como se puede ver en la figura número 2 con un valor de -0.636 Mpa. Por ende se entiende que las deformaciones mínimas y máximas se dan en el punto de aplicación de carga, pero en diferente capa de la losa.

## 5.2 ENSAYO NUMERO 2

Figura 9. Deformación máxima con una carga de eje tándem con rueda doble

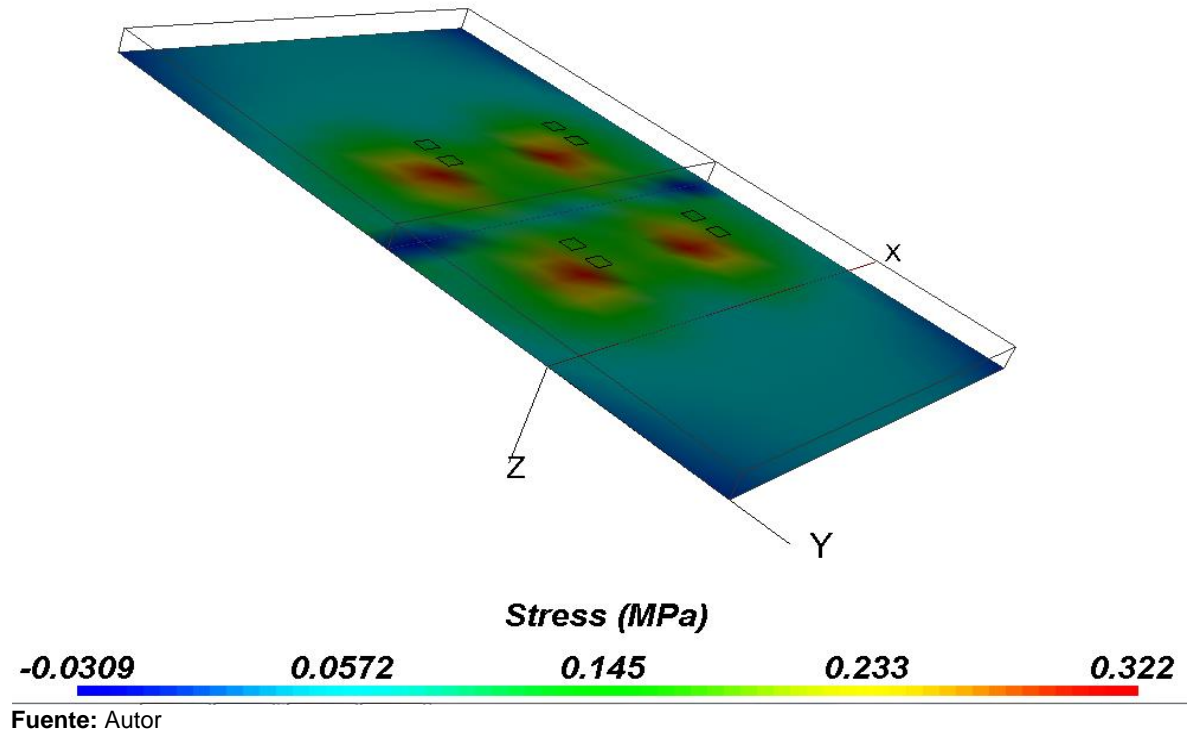


Figura 10. Deformación mínima con una carga de eje tándem con rueda doble

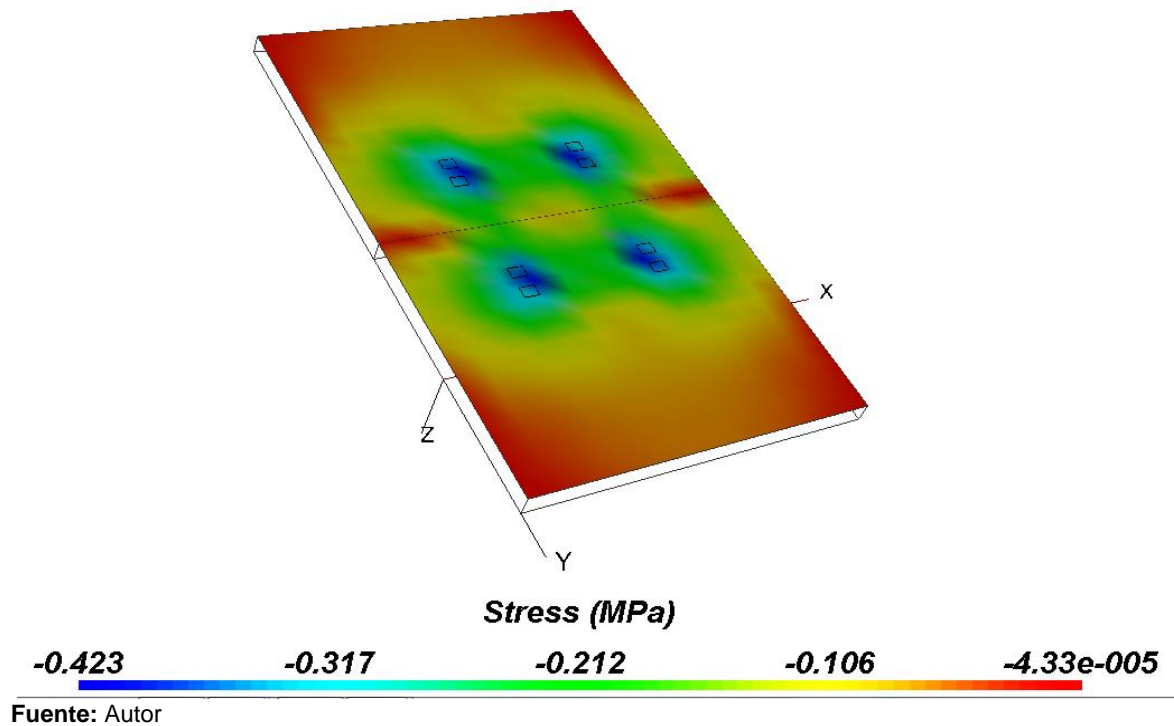
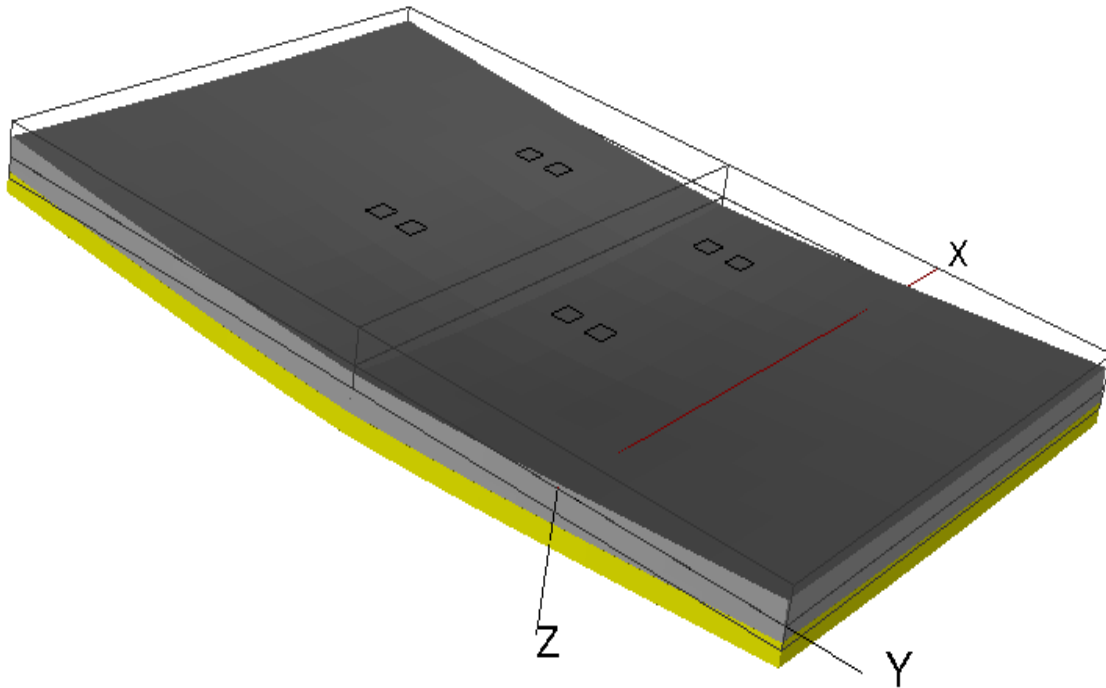


Figura 11. Deformación total con una carga de eje tándem con rueda doble



Fuente: Autor

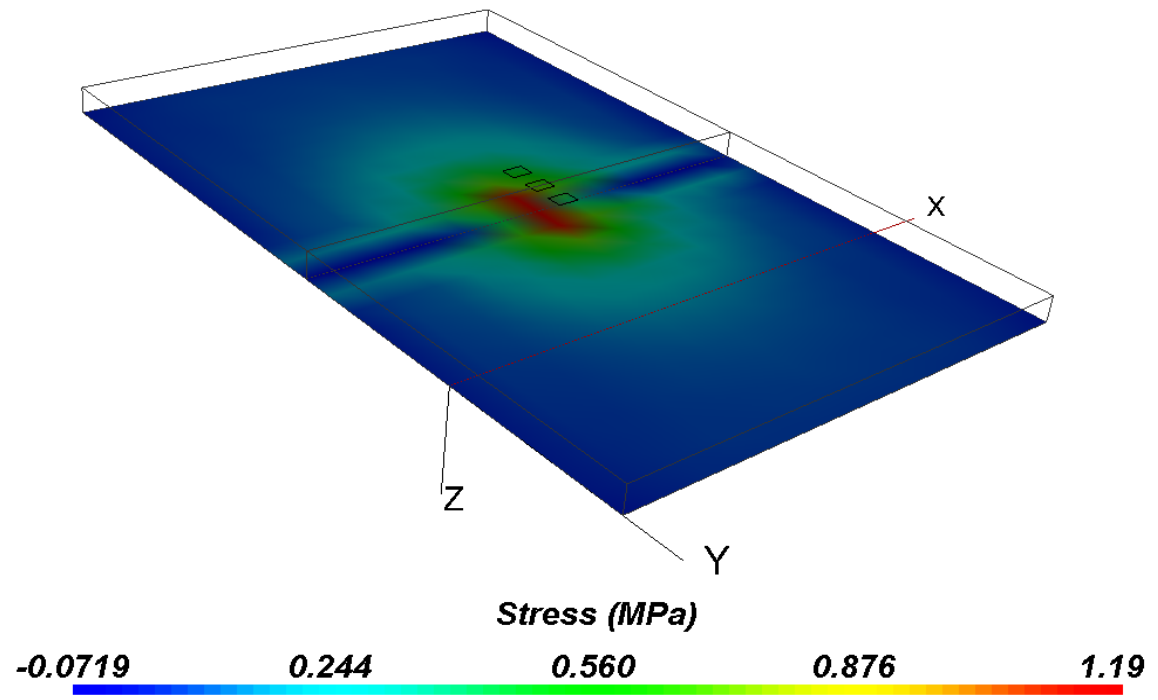
Para el segundo estudio se utilizó una carga de camión de eje tándem con rueda doble, aplicada en el centro de losa, losa que tiene por dimensión 25 cm y respectivamente una base de 15 cm. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

La máxima deformación se presenta en la parte inferior de la losa con un valor de 0.322 Mpa.

La mínima deformación se presenta en la parte superior de la losa con un valor de -0.423 Mpa. Por ende se entiende que las deformaciones mínimas y máximas se dan en el punto de aplicación de carga, pero en diferente capa del piso industrial.

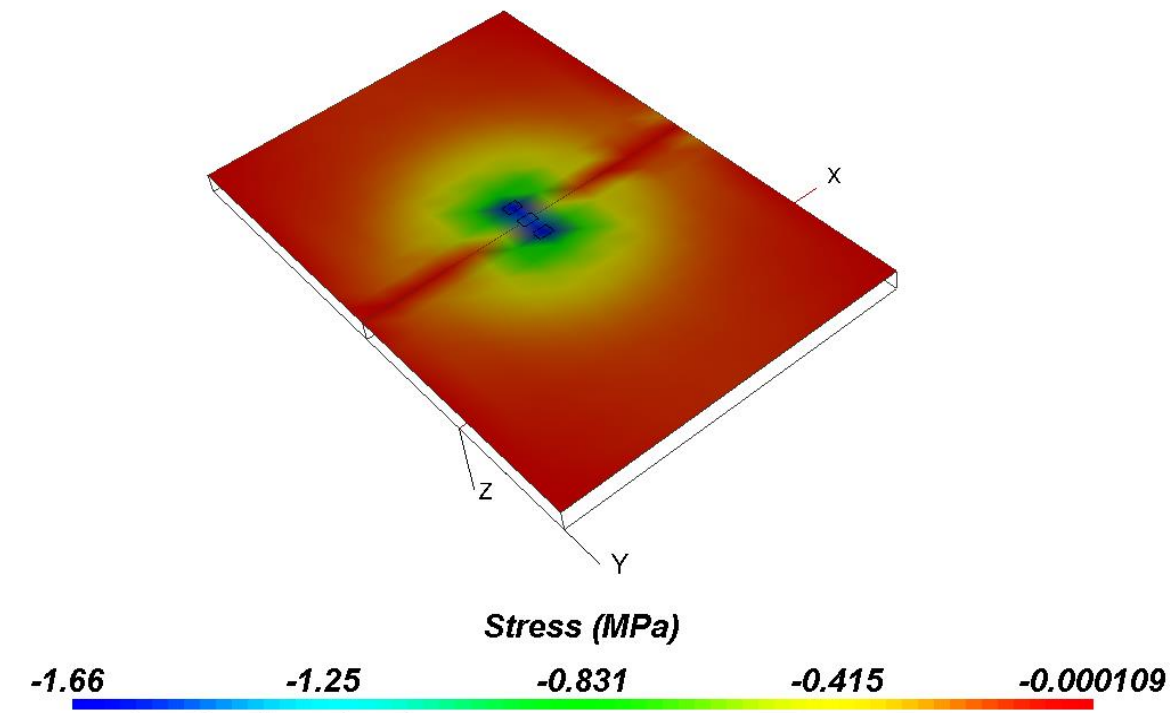
### 5.3 ENSATO NUMERO 3

Figura 12. Deformación máxima carga de eje triple, rueda doble



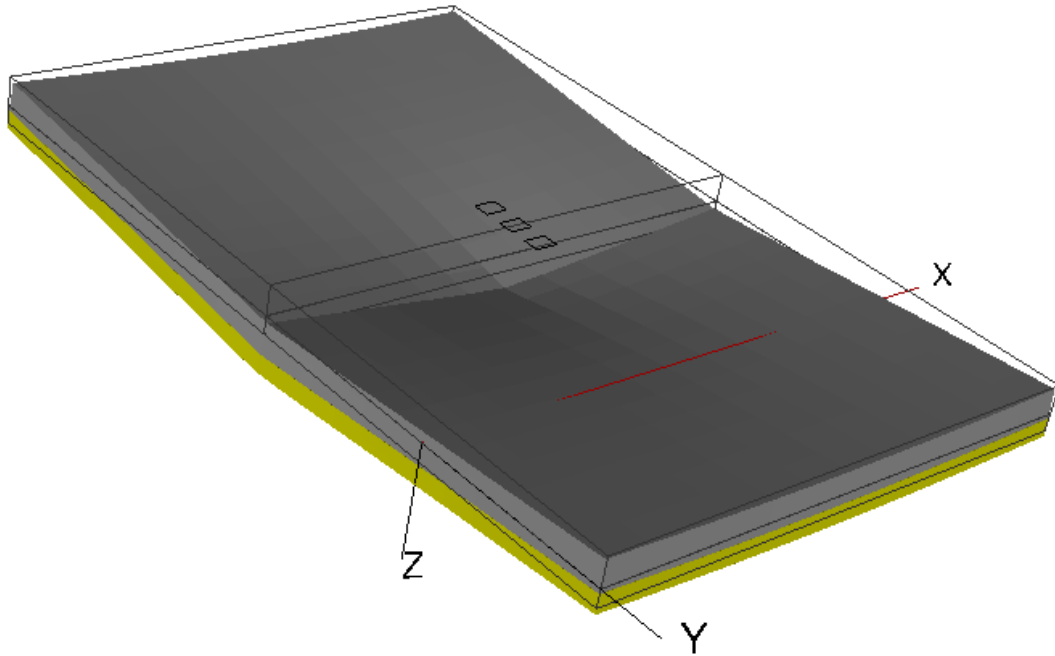
Fuente: Autor

Figura 13. Deformación mínima de la carga de eje triple, rueda doble



Fuente: Autor

Figura 14. Deformación total con una carga de eje triple, rueda doble



**Fuente:** Autor

En el último ensayo se utilizó una carga de camión de eje triple con rueda doble, aplicada en el centro de losa, losa que tiene por dimensión 25 cm y respectivamente una base de 15 cm. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Teniendo como la máxima deformación de las tres modelaciones esta se presenta en la parte inferior de la losa con un valor de 1.19 Mpa.

La mínima deformación se presenta en la parte superior de la losa con un valor de -1.66 Mpa.

## 6. CONCLUSIONES

- Teniendo los análisis en las deformaciones de cada prueba y con la ayuda de las gráficas ya mostradas. Se afirma que la deformación máxima y la mínima más grande se presentan en la última modelación, ya que el camión a utilizar tiene mayor carga que las demás siendo un camión de eje triple con rueda doble. Esto deterioraría en gran parte la losa generando agrietamientos, y desplazamientos de las juntas lo que ocasionaría pérdidas económicas como también se generarían grandes accidentes.
- Con la ayuda del programa podemos determinar las deformaciones y puntos máximos de esfuerzos en cualquier tipo de losa o concreto prefabricado, esto nos ayuda a tener un estimativo de la calidad del tipo de elemento que estas agregando a las losas de pisos industriales.
- Se estima también que las losas en concreto poseen mayor resistencia a la compresión en la parte central de dicho elemento, por otro lado si las fuerzas aplicadas se centraran en las esquinas de las losas se tendría mayor y más rápido deterioro de estas, puesto que los componentes que ayudan a la resistencia refiriéndonos a el hierro utilizado en las juntas, no se estaría utilizando allí y conllevaría a una falla de mayor grado y con mayor rapidez.
- Con el programa se haría una estimación de cuanto se está deformando un elemento en concreto expuesto a altas fuerzas de compresión, así tendríamos una línea de tiempo para estudiar el material que se está viendo afectado y obtener el mejor análisis y solución posible para la construcción e implementación de uno con mayor eficiencia y resistencia.
- En este estudio fueron utilizadas cargas de menor a mayor tamaño para estimar el comportamiento del concreto en losas industriales y tener el análisis del deterioro y afectación de cada una de estas fuerzas, se sabe que las mayores cargas alcanzan las mayores deformaciones en lo que sería necesario la fabricación e implementación de químicos para concretos que están expuestos a las cargas permanentes como suceden en los pisos industriales.
- En los análisis estimo un aproximado del comportamiento y deformación en las losas de pisos industriales que con ayuda de la investigación e información recolectada en la rama de diseños de estructuras en concreto

se obtuvo un enfoque más claro de la resistencia que tienen estos tipos de elementos y su grado de dificultad para la realización ya que resulta muy importante el hecho de que hoy en día las losas en concreto tienen un muy bajo tiempo de duración, fallando rápidamente afectando al consumidor.

- Las losas y pisos en concretos tienen hoy en día en nuestro país una alta demanda, siendo nuestro estado una región con cambios climáticos muy bruscos se es necesario tener muy en cuenta el factor clima, puesto que las losas fraguan diferente en otros climas si lo comparamos con Bogotá D.C. Ahora bien el tema es extenso y se requiere minucioso detalle en la elaboración de un piso industrial, ya que este será expuesto a cargas muy altas, y diseñadas mucho más para cualquier tipo de industria, se debe tener una buena instalación de las dovelas, con un material altamente resistente, en un tiempo determinado, con un fraguado y terminación rápida.
- Por conclusión también se tiene que las losas o pisos industriales tiende a fallar en las partes externas de la misma, puesto que carecen de acero o algo falla en su proceso constructivo, por ende la mayor resistencia de un piso industrial se halla en el centro de la losa.
- Con el programa Everfe tenemos un apoyo en la ingeniería civil, en donde podemos investigar más a fondo la resistencia de un piso en concreto reforzado, esto facilita la labor y previene accidentes a futuro.

## 7. BIBLIOGRAFIA

A TODA OBRA S.A.S. elaboración de un piso industrial. [En línea] La Empresa: Colombia, Febrero 2012. [Citado el 20 de marzo, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://atodaobra.com/pisos-industriales/> >

ESCUELA DE INGENIEROS. Tipos de cargas. [En línea]. Escuela de ingenieros, Marzo 2010 [Citado el 30 de abril, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/> >

GRACIA ALARCÓN, Oscar Alberto; QUESADA BOLAÑOS, Gonzalo. Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato en Colombia. [En línea] Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá D.C., Octubre 2012. [Citado el 24 de Marzo, 2014]. Disponible en Internet: < URL: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/2624> >

HOLCIM. Construcción y tecnología en concreto. [En línea]. Colombia: Holcim, 2010 [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html> >

LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto, FLOREZ ZAPATA, Claudia Lucia. Manual de diseño, construcción y mantenimiento de pisos industriales. 3 ed. Medellín: ICPC, 2006. 70 p.

LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Consejos para obtener un buen pavimento de concreto. EN: Revista NOTICRETO No. 40 (Diciembre 2012). [En línea]. Construdata. Colombia. [Citado el 22 de Marzo, 2014]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pavimento/pavimento2.htm> >

----- . Diseño, construcción y mantenimiento de pisos industriales. 3 ed. Medellín: ICPC, 2003. 184 p.

RINGO, Boyd C., ANDERSON, Robert B. Desingning floor slabs on grade. 2 ed. Bogotá DC: Aberdeen Group, 2007. 180 p.

SÁNCHEZ ACEVEDO, Iván Ricardo. Transferencia de carga en pavimentos rígidos. [En línea]. Slideshare: Medellín 15 julio, 2011. Citado el 10 de Abril, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://es.slideshare.net/360gradosenconcreto/transferencia-de-carga-20110715-2> >

SUPRENANT, Bruce A. & MALISCH, Ward R. Repairing curled slabs. Advantages and limitations of different repair techniques. [En línea]. The Aberdeen Group [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL:



[http://www.concreteconstruction.net/Images/Repairing%20Curled%20Slabs\\_tcm45-356804.pdf](http://www.concreteconstruction.net/Images/Repairing%20Curled%20Slabs_tcm45-356804.pdf) >

VÉLEZ, Juan Ernesto. Clasificación de pisos industriales – ACI 302. [En línea]. Colombia: 360 grados -blog en concreto 2014. [Citado el 24 de febrero, 2014]. Disponible en internet: < URL: <http://www.360gradosblog.com/index.php/clasificacion-de-pisos-industriales-aci-302> >