

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR EN TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
<b>Ejecutor 1</b>		
Nombre (s):	Andrés Leonardo	
Apellido (s):	Molina Buitrago	
Código:	20102275021	
E-mail:	<a href="mailto:molandres@gmail.com">molandres@gmail.com</a>	
Teléfono fijo:	-----	
Celular:	313 264 6258	
<b>Ejecutor 2</b>		
Nombre (s):	David	
Apellido (s):	Castellanos Moreno	
Código:	20081275008	
E-mail:	<a href="mailto:deceeme2002@gmail.com">deceeme2002@gmail.com</a>	
Teléfono fijo:	-----	
Celular:	318 783 8575	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	<b>Desarrollo de una aplicación android para diseño de bodegas metálicas alma llena mediante dispositivos móviles –smartphones-.</b>	
Duración (estimada):	10 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	X
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto de investigación	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Educación y comunicación en ciencia y tecnología	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:	<b>Desarrollo de una aplicación android para diseño de bodegas metálicas alma llena mediante dispositivos móviles –smartphones-.</b>	
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño, programación, gestión de negocios.	
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)		
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Hector Orlando Pinilla	

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>1.1</b>	<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	8
1.1.1	AutoCAD WS.....	9
1.1.2	AutoDesk® ForceEffect™.....	9
1.1.3	Engineering Design Toolbox.....	10
1.1.4	Perfiles De Acero.....	11
1.1.5	Solid Mechanics I & II.....	11
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	13
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	15
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	15
<b>3.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	16
<b>3.1</b>	<b>DISPOSITIVOS MÓVILES</b> .....	16
3.1.1	Smartphones.....	18
3.1.2	Sistemas operativos para <i>dispositivos móviles</i> .....	19
<b>3.2</b>	<b>ANDROID, CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	20
3.2.1	¿Qué es <i>Android</i> ? .....	20
3.2.2	Arquitectura de <i>Android</i> .....	21
3.2.3	La máquina virtual <i>Dalvik</i> .....	24
3.2.4	Componentes de una aplicación.....	25
3.2.5	Ciclo de vida de las aplicaciones <i>Android</i> .....	26
3.2.6	Seguridad en <i>Android</i> .....	27
3.2.7	Gestión de información.....	27
3.2.8	API demos.....	28
3.2.9	Funciones del emulador.....	29
3.2.10	Instalación de <i>Eclipse</i> con el <i>SDK</i> de <i>Android</i> .....	30
3.2.10.1	Descargar el emulador <i>SDK</i> de <i>Android</i> .....	30
3.2.10.2	Descargar <i>Eclipse</i> Ganymede.....	31
3.2.10.3	Instalar el plug-in de <i>Android</i> .....	31

3.3	<b>DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y SU IMPORTANCIA DENTRO DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA</b> .....	31
3.3.1	La Industria metalmeccánica: perfil del sector.....	31
3.3.2	Características generales de la cadena metalmeccánica.....	32
3.3.3	El sub-sector de la estructura metálica en acero.....	34
3.3.4	Estructuras en <i>alma llena</i> : características y diseño.....	36
4.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	48
5.	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	52
6.	<b>PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN</b> .....	53
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	54

### Índice de figuras

Figura 1.	“Screenshots” AutoDesk® ForceEffect™.....	10
Figura 2.	“Screenshot” Perfiles de Acero.....	11
Figura 3.	“Screenshots” Solid Mechanics II.....	12
Figura 4.	Dispositivos móviles.....	18
Figura 5.	Predicción de Cuota de Mercado para los Sistemas Operativos Móviles.....	20
Figura 6.	Arquitectura de <i>Android</i> .....	22
Figura 7.	Encadenamiento Estructural de la <i>Industria Metalmeccánica</i> .....	33
Figura 8.	Perfiles comunes utilizados en estructura metálicas.....	35
Figura 9.	Componentes principales de una estructura metálica.....	38
Figura 10.	Incorporación de platabandas en un perfil laminado <i>alma llena</i> .....	41
Figura 11.	Estado de tensiones biaxial en un perfil en <i>I</i> .....	42
Figura 12.	Cronograma de Actividades.....	52

### Índice de tablas

Tabla 1.	Presupuesto General del Proyecto.....	53
----------	---------------------------------------	----

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el mundo está experimentando un avance *frenético* hacia la globalización impulsado por el desarrollo de las *nuevas tecnologías*; éstas han transformado notablemente la manera de vivir de las personas, así como la manera de relacionarse con el entorno que los rodea. La implementación de dichas tecnologías ha dado lugar al surgimiento de nuevas necesidades, nuevas oportunidades y nuevas estrategias útiles para afrontar los retos que implica un mundo globalizado. La industria y el entorno de los *negocios* no han sido ajenos a dicha realidad; es de resaltar, que el contexto actual de los negocios sugiere un ambiente enmarcado dentro la competitividad global como respuesta a la “evolución” del mercado y como solución a todos los problemas que esto plantea.

Para el director de *Applied Research & Consulting* (consultoría global de Steelcase Inc. sobre el trabajo y el espacio) John Hughes,

No hay ninguna compañía que no esté luchando con este nuevo entorno de trabajo. En todas partes, los recursos son escasos con reducción del personal y una economía en dificultades. Los problemas de los negocios son más complejos que hace algunos años, ahora, más organizaciones están trabajando sobre una plataforma global y cada compañía necesita que sus empleados hagan más que nunca.

Cada vez más las organizaciones deben estar preparadas para asumir todos los cambios y afrontar exitosamente los riesgos que supone la realidad global actual; también deben contar con personas altamente calificadas y eficientes que se adapten fácilmente a dichos cambios, ya que esto fundamenta la capacidad de una organización de anticiparse a las amenazas, así como de responder y adaptarse rápidamente a las diferentes situaciones de *mercado* en aras de aumentar su cuota de negocios y de mantenerse competitiva.<sup>1</sup> Diversos estudios indican que la “evolución” del mercado tiene que ver con los *mercados globales*, la *deslocalización*, la *externalización* de los negocios y, con uno de los aspectos que más proyección tiene a futuro: el *comercio* y las *negociaciones electrónicas*. Tal evolución ha sido posible gracias a la acción conjunta de tres grandes fuerzas transformadoras que influyen en casi todos los aspectos de la vida personal, profesional y en las tendencias de *consumo* en todo el mundo, dichas fuerzas son: *internet* y las *nuevas tecnologías*, la

---

<sup>1</sup> Ernst y Young Global Limited, El Informe De Riesgos y Negocios De Ernst y Young, *Los 10 Principales Riesgos De Negocios*, Editorial Mancera S.C., 2011, p. 2. *Nota:* La investigación señala que los riesgos de negocio más importantes se concentran en las áreas de regulación y cumplimiento.

*globalización de la economía y los cambios sociales y culturales*; esto sin dejar de lado el surgimiento de los *smartphones*, que prometen ser los elementos más importantes dentro del segundo “auge” de la *internet* desplazando a computadores convencionales, computadores portátiles, tablets, entre otros dispositivos.<sup>2</sup> En este sentido, *internet*, de la mano de las *nuevas tecnologías*, se convierte en la herramienta más importante para la *gestión de negocios* basada en aspectos como el alto impacto y acogida de las *redes sociales*, la *nube*, el *cloud computing* y los *SaaS (software as a service)*, cuyos principales objetivos apuntan a la eliminación servidores, de programas que deban instalarse, y dvd’s, entre otros, promoviendo el manejo, gestión de información y utilización de programas propiamente desde la *red*.

Actualmente, cualquier *negocio* que se proyecte exitoso deberá tener en cuenta los siguientes tres aspectos: primero, los *cambios culturales y demográficos*, que influyen en la manera de vivir de las personas y, por tanto, en las necesidades que emergen a partir de ello; segundo, la incorporación y el uso avanzado de *internet* junto con la implementación de *dispositivos móviles* para las actividades de negocio y, tercero, la posibilidad de tener un *negocio global* a partir del establecimiento de relaciones con clientes y/o proveedores ubicados en otros lugares del mundo.<sup>3</sup> En lo que al *plan estratégico de negocios* se refiere, es importante resaltar el valor que el cliente tiene por algunos aspectos como: ser tratado de manera personal y que el precio que paga corresponda con la calidad del producto o servicio que adquiere, pero hay aspectos que en casos particulares se vuelven mucho más relevantes, tales como: la rapidez en el servicio y tiempos de respuesta y la oportunidad de encontrar todo lo que necesita en un mismo lugar, con un solo proveedor, al precio justo y la posibilidad de personalizar sus productos. Es claro, que la escala de dichos valores tiene niveles cada vez más altos debido a la *vertiginosa* búsqueda de las organizaciones por atender a los requerimientos de sus clientes rápidamente, ofreciendo costos más bajos; esto deriva directamente en la obtención de *negocios* rentables y en el mantenimiento de la *competitividad* organizacional. Aquellas organizaciones que no se adaptan a la implementación de las *nuevas tecnologías* en su *negocio* estarán sometidas, en adelante, a un riesgo constante de desaparecer teniendo en cuenta su desventaja respecto a las organizaciones de *vanguardia*. Este “atraso” genera pérdidas de tipo *material* en la medida en que la manutención de equipos obsoletos y la gestión y procesamiento de información utilizando medios tradicionales se convierten en un precio muy alto que la organización asume (servidores, equipos de cómputo convencionales, impresoras, volumen alto de documentos, transporte de documentos, fuentes de energía, entre otros), dejando de lado la

---

<sup>2</sup> Infoautónomos, *Información al día, Marketing y Ventas, Tendencias-Futuro*, Javier Santos, [Online], Disponible en: <http://www.infoautonomos.com/informacion-al-dia/marketing-y-ventas/tendencias-futuro/>

<sup>3</sup> *Ibid.*

oportunidad de invertir este dinero, por ej., en nuevas estrategias de *mercado* o en planes de crecimiento, que a la larga, permitan disminuir sus costos de producción reflejando una disminución también en los precios finales de venta al cliente. Las pérdidas de tipo *inmaterial* tienen que ver con la pérdida del reconocimiento de la organización como ente calificado por parte de los clientes; la pérdida de la confianza por parte de los clientes debido los inconvenientes y al atraso en el envío respuestas a diferentes requerimientos varios, atraso en el tratamiento de *negocios* respecto a otras organizaciones y carencia de medios más efectivos para hacer llegar información a clientes más diversos, lo que puede ocasionar poca difusión de la “marca” de la organización y por ende pérdida de clientes potenciales y de objetivos de *negocio*: Todo lo anterior significa, en términos generales, la pérdida de la identidad como compañía competitiva, pérdida del “nombre” y “prestigio” y en últimas, pérdida de la importancia dentro del mundo los *negocios*.

En el mundo, uno de los ciclos de *negocio* más importantes para la economía es el de la *industria metalmecánica*; esta importancia radica principalmente en el hecho de ser una industria que provee de maquinarias e insumos claves a la mayoría de *negocios*, entre ellos, la industria manufacturera en general, la construcción, el complejo automotriz, la minería y la agricultura, entre otros; es importante también porque de él nacen un sinnúmero de bienes materiales fundamentales para la vida humana y por la influencia ejerce en la generación de nuevos *negocios* (y empleos), debido a las múltiples disciplinas que involucra. De ésta manera, se convierte en un ciclo determinante para el *desarrollo industrial y económico* de una nación. El comercio internacional de productos metalmecánicos supera los 4.000 billones de dólares, representando más del 30% del total mundial. Dentro de esta industria, casi un 40% corresponde al sector de bienes de capital, un 20% a la industria automotriz y otro tanto al sector componentes electrónicos y artefactos eléctricos, completando el resto los demás sectores metalmecánicos.<sup>4</sup> En Colombia, según la *encuesta anual manufacturera* del año 2007, existen 7.257 establecimientos dedicados a la industria, de ellos, 1245 (el 17,16%) hacen parte de la *industria metalmecánica* y aportan el 15,61% del *valor agregado* de la producción industrial (9,6 billones de pesos). Respecto al personal ocupado, la *industria metalmecánica* contribuye con el 14,73% (93.925 empleados) del total de personal ocupado en la industria colombiana (637.621 empleados). Los principales problemas que afronta la *industria metalmecánica* actualmente en el mundo –y en Colombia-, tienen que ver con la obsolescencia de los medios que utiliza para su funcionamiento, es decir, el *atraso técnico* en las máquinas y herramientas útiles para la fabricación de insumos y bienes diversos para múltiples fines; lo que ocasiona una débil y costosa productividad. Otro problema asociado

---

<sup>4</sup> Unión Industrial Argentina, *Debilidades y Desafíos Del Sector Productivo, Metalmecanico*, 2008, [Online], Disponible en: <http://www.uia.org.ar>

y no menos importante, tiene que ver con el modo de concebir los procesos *pre-fabricación* y de *diseño y/o simulación* de productos y componentes en general. Estos procesos son obsoletos también, especialmente en países menos industrializados, debido a la poca flexibilidad, versatilidad y eficiencia que permiten los dispositivos sobre los cuáles se llevan a cabo, de esta manera, dichos procesos resultan bastante tediosos y sus tiempos de ejecución son considerablemente altos.

En este sentido: ¿qué importancia tendría la implementación de *tecnologías móviles* en el mejoramiento de la *gestión negocios* en la *industria metalmecánica*, siendo este en la actualidad uno de los mercados de más alta demanda productiva y por ende, más competitivos, dada su gran importancia en el desarrollo industrial, al mismo tiempo que es uno de los que más aportes realiza en la economía? ¿Podrían las *tecnologías móviles* en verdad optimizar la gestión y el procesamiento de información, mejorando las relaciones con el cliente y haciendo que el *negocio* sea más competitivo? ¿Lo anterior, representaría en una reducción general de costos manifestada a largo plazo?

En Colombia, según el último estudio de la revista *Dinero* acerca de la competitividad en y los diversos problemas involucrados en ella,<sup>5</sup> se observa que Colombia avanzó *un* puesto en el *Índice de Competitividad Global* (GCI, por sus siglas en inglés, desarrollado para el *Foro Económico Mundial* por Sala-i-Martin), al quedar en el puesto 68 de 139 países observados. Según el artículo: “el país mejoró su posición frente al mundo porque tiene un tamaño de mercado interesante, un ambiente macroeconómico estable y ha mostrado *avances de sofisticación en los negocios*”, con lo que puede concluirse que –en teoría–, la implementación de *nuevas tecnologías* en el *mercado* representa directamente una notable optimización en la *gestión de negocios*, desembocando en *crecimiento económico y empresarial* fundamentales para mantener la *competitividad organizacional*.

---

<sup>5</sup> Revista Dinero, *Actualidad, Economía, Artículo, Competitividad en Colombia y Principales Problemas*, Publicado en Septiembre, 9 de 2010, [Online], Disponible en: <http://www.dinero.com/actualidad/economia/articulo/competitividad-colombia-principales-problemas/102996>.

## 1.1 ESTADO DEL ARTE

*Android* es un sistema operativo móvil basado en *Linux* creado para utilizarse en dispositivos móviles: teléfonos inteligentes –*smartphones*-, *tablets*, ordenadores portátiles, *netbooks*, entre otros dispositivos. El sistema operativo fue desarrollado inicialmente por *Android Inc.* y es el principal producto de la *Open Handset Alliance*, una asociación de fabricantes y desarrolladores de hardware, software y operadores de servicio quienes soportan el funcionamiento del mismo; sin embargo, el manejo principal reposa sobre *Google Inc.*, compañía que en 2005 adquirió a *Android Inc.*

*Android* es el sistema operativo sobre el cual funcionan los teléfonos inteligentes más vendidos en Estados Unidos en el segundo y tercer trimestres de 2010<sup>6</sup> con una cuota de mercado de 43,6%. A nivel mundial este número alcanzó una cuota de mercado de 50,9% hacia finales de 2011, más del doble que el segundo sistema operativo *iOS de Apple Inc.* Hoy, se calcula que *Android* ha sobrepasado las 600.000 aplicaciones (de las cuales, solamente un tercio no es gratuita) que se encuentran disponibles en la tienda de aplicaciones oficial de *Android: Google Inc. Play*; otras tiendas no oficiales son la *App Store* de Amazon y la tienda de aplicaciones *Samsung Apps* de Samsung.<sup>7</sup> El sistema operativo incluye gran variedad de aplicaciones que en un principio apuntaron hacia el desarrollo de actividades de entretenimiento, así como el desarrollo de funciones que permitieran el contacto permanente entre personas en todo momento de manera rápida, sencilla y eficiente. Esto fue evolucionando progresivamente hacia el uso del sistema operativo en dispositivos que funcionaran como algo más que dispositivos de acceso a *redes sociales* y lugares de entretenimiento, lográndose de ésta manera su implementación en el cubrimiento de algunas de las *necesidades* básicas del día a día como: agenda de actividades, dispositivo de ubicación geográfica, lectura de libros, entre otras.

Actualmente, *Android* y sus aplicaciones se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo de actividades de negocio al permitir que los dispositivos sobre los cuáles funciona realicen, casi en su totalidad, actividades complejas que tiempo atrás sólo podían realizarse desde computadores convencionales. “Ser más productivo en el trabajo realizando las tareas con *Android*” (Gómez, Nana. *El Gran Libro De Android*, 2012, p. 10), es la explicación principal por la cuál el sistema operativo se ha hecho tan popular

---

<sup>6</sup> Open Handset Alliance, *Industry Leaders Announce Open Platform for Mobile Devices*, [Online], Disponible en: [http://www.openhandsetalliance.com/press\\_110507.html](http://www.openhandsetalliance.com/press_110507.html)

<sup>7</sup> Gartner, *Worldwide Smartphone Sales to End Users by Operating System in 4Q11*, [Online], Disponible en: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1924314>



dentro del mundo de los negocios. En términos generales, un *smartphone* que funciona con el sistema operativo *Android* tiene todo lo que una persona de negocios necesita: calendario, gestor de tareas, organizador de contactos, bloc de notas, aplicaciones de correo electrónico y mensajería instantánea son algunas de las principales que se encuentran incorporadas dentro del sistema, pero las aplicaciones pueden extenderse hasta el control de presupuestos, aplicaciones de diseño, aplicaciones de gestión documental (compatibilidad), realización de teleconferencias y videoconferencias de negocios, entre otras, incluyendo programas específicos que permiten conectar el dispositivo a cualquier computador convencional, en el caso de actividades que –no por mucho tiempo– sólo pueden realizarse en ellos. El desarrollo de aplicaciones *Android* enfocadas al diseño, demuestra que en la actualidad las nuevas *tecnologías móviles* para *smartphones* están llegando a otras áreas del conocimiento como el *diseño gráfico*, el *diseño interior*, *arquitectura* y en menor grado de desarrollo a las *ingenierías*, convirtiéndose en recursos que hacen más prácticas y eficientes las tareas de los profesionales. El desarrollo de aplicaciones para *diseño gráfico*, como *Kuler*, que permite crear una variedad de temas de color a partir de imágenes o fotografías, *Photoshop Touch* con casi todas las funciones necesarias para la versión *Android* o *Ideas*, que proporciona al usuario herramientas de dibujo vectorial, todas desarrolladas por *Adobe*, se convirtieron en uno de los primeros y más importantes pasos hacia el desarrollo de aplicaciones *Android* más complejas, útiles para diferentes actividades académicas y laborales. En el contexto de la *ingeniería mecánica (industria metalmecánica)*, algunas de las aplicaciones más importantes del momento son:

### **1.1.1 AutoCAD WS**

De esta aplicación puede decirse que es la versión 2.0 del AutoCAD tradicional. Esta versión del programa permite utilizarlo *on-line* desde cualquier computador, compartir nuestros proyectos, almacenarlos *on-line* e incluso acceder a ellos, verlos y editarlos desde el dispositivo *Android*. Es un avance importante paso evolutivo para una *Autodesk*<sup>®</sup>, una organización que demuestra estar a la vanguardia de las *tecnologías móviles* fundamentales dentro de un *mundo interconectado*. La aplicación está disponible para su descarga gratuita en *Google Inc. Play* para *Android 2.1* o superior.

### **1.1.2 Autodesk<sup>®</sup> ForceEffect<sup>™</sup>**

Es una aplicación móvil para la gestión de pequeñas situaciones de diseño que a través de simulaciones y cálculos de ingeniería, permite determinar la viabilidad de cualquier diseño.

Algunas de sus principales ventajas son:

- Capacidad en tiempo real para resolver situaciones de diseño y retroalimentación inmediata sobre el rendimiento de la simulación. Impresión, correo electrónico, o ver un informe de resultados en cualquier navegador compatible con HTML o dispositivo móvil.
- Facilidad de manejo para dibujar, construir y simular de conceptos; sólo basta con tocar los objetos para seleccionarlos y en seguida, moverlos, rotarlos y escalarlos.
- Solución para problemas estáticamente determinados e indeterminados.

La aplicación permite el análisis de sistemas mediante diagramas de cuerpo libre de acuerdo al *trazado a mano alzada* de elementos y líneas de construcción con dimensiones, restricciones y uniones, *dimensionamiento de objetos* en diferentes sistemas de unidades, *creación de articulaciones* (soldada, con pasador), *creación de restricciones* (fijo, empotrado, patín), *disposición de cargas y momentos*, *cálculo de reacciones y momentos* para sistemas en equilibrio e *informes de resultados* de todos los sistemas de ecuaciones.

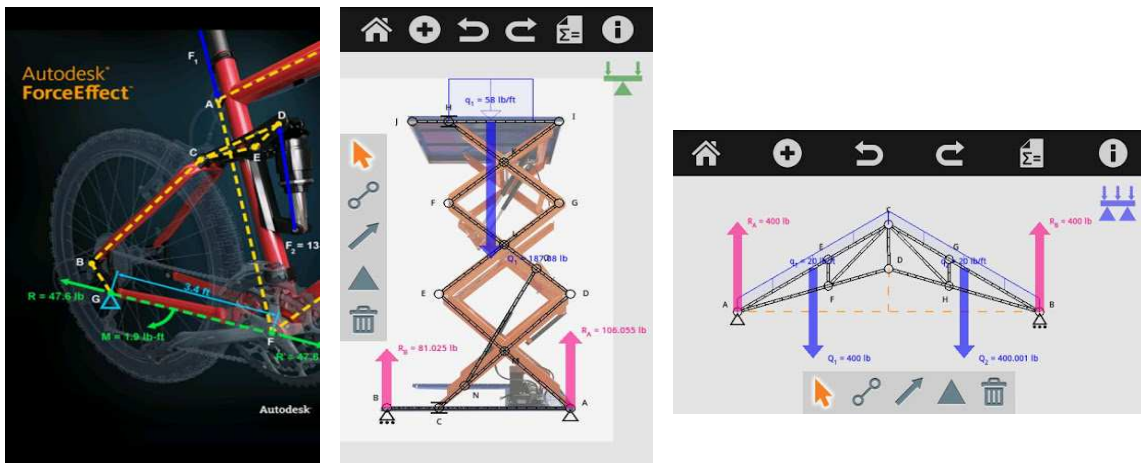


Figura 1. "Screenshots" AutoDesk® ForceEffect™.

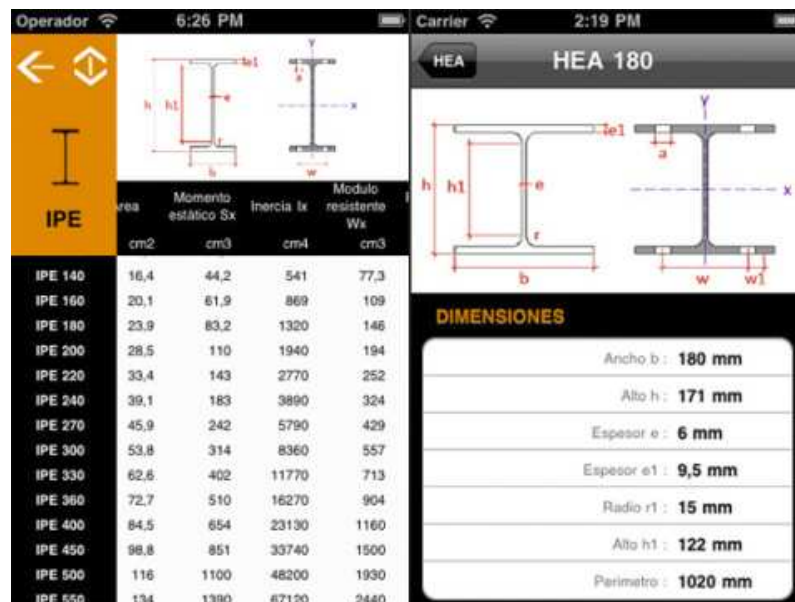
Fuente: Google Play

### 1.1.3 Engineering Design Toolbox

Consiste en una Pequeña calculadora que permite realizar fácilmente los cálculos más comunes para los diseñadores HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) o diseñadores de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, por ej., El CFM para difusores. Los cálculos se basan en fórmulas ASHRAE.

### 1.1.4 Perfiles De Acero

Es una muy útil aplicación, ya que permite tener siempre a la mano un catálogo de perfiles de acero (según normas españolas). Es un muy buen recurso para aquellos que diseñan, calculan y construyen estructuras porque permite consultar las características principales de los perfiles sin necesidad de ir en busca del catálogo físico o digital en un computador convencional, que quizá no esté cercano. Esta aplicación contiene las dimensiones y características resistentes de las secciones de los perfiles: IPE, IPN, HEA, HEB, HEM, UPN, angulares LPN y LPD, perfiles huecos redondos, cuadrados y rectangulares, perfiles conformados en U, C, Z y Omega y perfiles pequeños redondos, cuadrados y rectangulares.



The screenshot shows two parts of the application. The left part is a table of IPE profiles with columns for profile name, area, static moment, inertia, and resistant modulus. The right part shows the detailed dimensions for an HEA 180 profile, including width, height, flange thickness, and web thickness.

Area	Momento estático $S_x$	Inercia $I_x$	Modulo resistente $W_x$	
cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	
IPE 140	16,4	44,2	541	77,3
IPE 160	20,1	61,9	869	109
IPE 180	23,9	83,2	1320	148
IPE 200	28,5	110	1940	194
IPE 220	33,4	143	2770	252
IPE 240	39,1	183	3890	324
IPE 270	45,9	242	5790	429
IPE 300	53,8	314	8360	557
IPE 330	62,6	402	11770	713
IPE 360	72,7	510	16270	904
IPE 400	84,5	654	23130	1160
IPE 450	98,8	851	35740	1500
IPE 500	116	1100	48200	1930
IPE 550	134	1390	67120	2440

**DIMENSIONES**

- Ancho b : 180 mm
- Alto h : 171 mm
- Espesor e : 6 mm
- Espesor e1 : 9,5 mm
- Radio r1 : 15 mm
- Alto h1 : 122 mm
- Perimetro : 1020 mm

Figura 2. "Screenshot" Perfiles de Acero.

Fuente: 10 aplicaciones útiles para arquitectura, diseño y construcción. Matallana, Carlos. 2011.

### 1.1.5 Solid Mechanics I & II

Es una aplicación que permite calcular esfuerzos y otras variables propias de la ingeniería en condiciones típicas normales. En este sentido, la gestión de pequeños proyectos de diseño se puede realizar fácilmente mediante funciones que incluyen:

- Cálculos dinámicos.
- Conversión de unidades.

- Condiciones de carga estándar para esfuerzos de tensión, compresión y cortante.
- Función de propiedades de sección transversal (A, I y J).
- Imágenes de referencia para cada función.

Estas funciones permiten variar los parámetros de diseño en situaciones propias del mundo real y ver sus resultados sin rápidamente, sin necesidad de realizar cálculos múltiples y engorrosos.

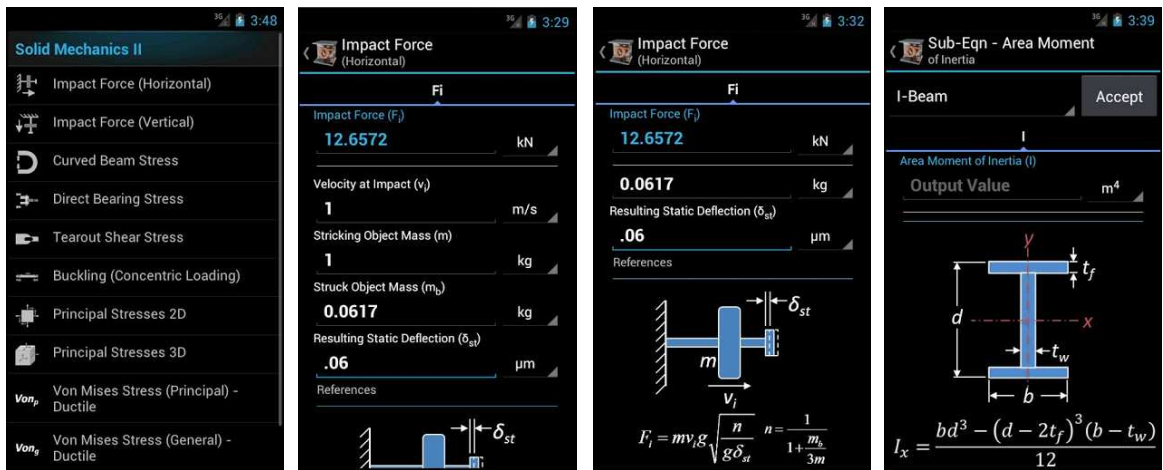


Figura 3. "Screenshots" Solid Mechanics II.

Fuente: Google Play.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Steelcase Inc. es el líder mundial en diseño de espacios de trabajo para entornos de oficina, todas sus marcas ofrecen un portafolio completo de productos y servicios para los lugares de trabajo y lleva cerca de 100 años sirviendo a las organizaciones más importantes del mundo a partir de múltiples estudios acerca de “cómo las personas trabajan”. Según Steelcase Inc., las nuevas tendencias de trabajo, en lo que ellos llaman *espacio de trabajo interconectado* (*Exploring workplace research, insights and trends*, 360° Steelcase Inc., 2010, p. 9) evidencian un cambio radical en cuanto a la forma tradicional de trabajar; ahora, los requerimientos del mercado han creado la necesidad de que los trabajadores puedan afrontar los retos que un mundo globalizado e interconectado supone: conexión 24/7 que permita –mediante el aprovechamiento tecnológico- eliminar las barreras espaciales y temporales que impiden el desarrollo *frenético* de los negocios en la actualidad.

En este contexto, el surgimiento de *dispositivos móviles* e “inteligentes” –*smartphones*- ha transformado la manera en la que los trabajadores se comunican. Estos dispositivos ofrecen a los usuarios la oportunidad de desarrollar actividades en condiciones muy similares a las llevadas a cabo en un computador convencional: gestión de datos de manera sencilla, rápida y eficiente. El desarrollo de *smartphones* y de aplicaciones que funcionan dentro de ellos supone –inicialmente- la obtención de “beneficios” en cuanto a entretenimiento se refiere, pero, el alto desarrollo tecnológico logrado en dichos dispositivos ha permitido avanzar hacia la utilización de éstos en actividades de negocio tales como: realización de modelos de productos, cálculo de presupuestos, elaboración de informes, consulta y envío de documentos formales, teleconferencias de negocios, entre otras, llevadas a cabo casi en cualquier momento del día. Los *smartphones* han eliminado en gran parte la necesidad de desarrollar actividades desde un computador, que, por sus características físicas puede no cumplir con la función de acompañar al trabajador en la *movilidad* y *conectividad* que, como se mencionó líneas arriba, exige el mercado actualmente. Dentro de la industria, uno de los mercados más exigentes dada su gran importancia en el desarrollo industrial de una nación y siendo una de las que más aportes –en teoría- realiza en la economía, es el de la *industria metalmecánica*; de él se suplen varios ciclos de negocio: tecnología, industria automotor, minería, hidrocarburos, maquinaria en general, construcción, entre otros. Dentro de éste ciclo de negocio, el subsector de la *estructura metálica* es uno de los de mayor importancia global debido a la amplia utilización de varios tipos de éstas en múltiples aplicaciones: bodegas, hangares, galpones, invernaderos y bodegas, entre otros; motivo por el que se constituye en uno de los de más alta demanda productiva. Teniendo en cuenta lo anterior, es de suponer que el desarrollo de *bodegas metálicas* exige diseños de alto nivel: exactitud, funcionalidad,

precisión y eficiencia, cualidades obtenidas casi inequívocamente gracias a la implementación de programas de diseño que permiten simular estructuras en condiciones normales permitiendo obtener diseños óptimos. Dichas herramientas tecnológicas han sido creadas para funcionar desde computadores convencionales o –a lo sumo- en computadores portátiles, convirtiéndose por tanto, en herramientas *no* inmunes a limitaciones espacio-temporales presentes en cualquier ciclo de negocio. Por otra parte, como ciclo de negocio y debido a su importancia dentro de la economía mundial, el competitivo sector de la *estructura metálica* requiere eficiencia en aspectos relacionados con la comunicación eficiente con proveedores y clientes, así como la posibilidad de dar respuesta inmediata a requerimientos puntuales de negocio o, por ejemplo, la posibilidad de realizar actividades correspondientes a un proyecto en particular –casi- sin interrupciones. Es en este último aspecto donde el desarrollo de aplicaciones para *dispositivos móviles* enfocadas en este ciclo de negocio tiene sentido; más allá de la obtención de resultados acerca de nuevos diseños de bodegas o resultados respecto al descubrimiento de nuevas aleaciones de materiales, lo que justifica este proyecto es el *aporte de beneficios sustanciales a la optimización de las actividades inherentes a la gestión negocios: atención oportuna, respuesta casi inmediata a requerimientos puntuales de proyectos y mayor eficiencia en la investigación, aprovechamiento y suministro de información*, todo enmarcado dentro del crecimiento y la competitividad organizacional. La implementación de *nuevas tecnologías* permite a las organizaciones estar a la *vanguardia del mercado* mundial, estar al tanto de las negociaciones y movimientos propios del *negocio* de la *industria metalmecánica* en todo el mundo, estar conectado las veinticuatro horas del día, los siete días de la semana en actitud proactiva frente a cualquier requerimiento de cualquier cliente a nivel mundial y en disposición de responderle, desde cualquier lugar y en cualquier momento del día de manera rápida, eficiente sin depender de un computador convencional.

Según afirma el experto en estudios urbanos de mercado, Richard Florida,

Estamos viviendo en un período en el que las nuevas tecnologías surgen como respuesta a una sociedad diseñada de acuerdo a las necesidades del mercado...

Un mundo en el que las *nuevas tecnologías*, la *internet* y las *redes sociales* se unen para convertir cualquier *negocio* en un negocio global y cualquier proceso en un proceso casi instantáneo, gracias a la creación de *redes* enormes y complejas que se tejen y alimentan partir de actividades económicas y sociales.

En Estados Unidos, el 65% de los *negocios* tiene trabajadores itinerantes. Otros datos estadístico señalan que para el 2013 el 34,9% de la fuerza de trabajo mundial será móvil o itinerante (IDC Worldwide, población móvil, 2009-2013), por tanto, las herramientas de trabajo deben –proporcionalmente- serlo también.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación *Android* para diseño de *bodegas metálicas alma llena* mediante dispositivos móviles –*smartphones*–.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el funcionamiento de las herramientas principales de *Android* referentes al entorno de programación y fundamentales para el desarrollo de aplicaciones: *IDE Eclipse*, *Plugin ADT (Android Developer Tools)*, *Android SDK*, *Lenguaje de programación Java*, entre otras.
- Implementar un módulo de *cálculo de materiales* de *bodegas metálicas alma llena* según método *LRFD (Load and Resistance Factor Design)*, basado en el documento del *American Institute of Steel Construction AISC-2010* y la norma *NSR-10*.
- Implementar un módulo de *cálculo de presupuesto* (proveedor por definir) que permita realizar análisis de costos y envío de cotizaciones vía *e-mail*.
- Estudiar la posibilidad de implementar un *módulo de modelado básico en 3D* en cuanto a costos, complejidad de programación y características técnicas del sistema operativo se refiere, de tal manera que pueda determinarse la implementación o “NO” de dicho módulo.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 DISPOSITIVOS MÓVILES

No existe un consenso claro a la hora de definir qué es realmente un dispositivo móvil y qué no lo es. Es frecuente que hoy en día este término se utilice para designar únicamente a ciertos modelos de teléfonos móviles con mayores o menores prestaciones. A pesar de ello, un dispositivo móvil no tiene por qué ceñirse solamente al ámbito telefónico. Buscando ser más rigurosos, se podría denominar dispositivo móvil a todo aparato electrónico que cumple unas características muy básicas:<sup>8</sup>

- Es de reducido tamaño, haciéndolo fácil de transportar.
- Cuenta con una cierta capacidad de computación y almacenamiento de datos.
- Incorpora elementos de E/S básicos (por lo general, pantalla y/o algún tipo de teclado).

Más allá de estas características comunes, los *dispositivos móviles* forman en la actualidad un grupo sumamente diversificado, pudiendo incorporar de esta manera, casi cualquier dispositivo *hardware* y *software* que amplía y da versatilidad su función inicial. Lo más frecuente al respecto es la conexión telefónica (incluyendo servicios como el envío de *SMS*, *MMS* y acceso *WAP*) y la conexión a *internet*. En este contexto, son habituales también entre ellos, la cámara fotográfica y de vídeo, pantalla táctil, teclado *qwerty*, receptor de radio, bluetooth, conexión mediante infrarrojos, dispositivos de memoria extraíble, localizador *GPS*, acelerómetro, entre otros. Desde el punto de vista del *software*, pueden incorporar también un amplio abanico de aplicaciones tales como: programas ofimáticos, reproductores de audio y vídeo, organizadores, videojuegos, navegadores web o clientes de correo, entre otros. La clasificación de los *dispositivos móviles* está sujeta a diferentes valoraciones y a veces no existe un acuerdo amplio para ubicar un *dispositivo móvil* en una determinada familia. En la década de los 90's, tras la aparición de estos primeros dispositivos, establecer clasificaciones más o menos rigurosas era posible debido a que cada aparato estaba claramente definido para una función determinada o para un

---

<sup>8</sup> Aranaz Tudela, Jaime, Universidad Carlos III, Madrid, España, *Desarrollo De Aplicaciones Para Dispositivos Móviles Sobre La Plataforma Android De Google Inc.*, 2009, p. 17.



público concreto. El aumento de las prestaciones y funcionalidades que en la actualidad puede ofrecer cualquier *dispositivo móvil* dificulta el poder agruparlo dentro de un conjunto determinado. Por ejemplo, un *smartphone* representa una evolución de un teléfono móvil tradicional, ya que cuenta con servicios adicionales como la conexión a *internet* y aplicaciones, servicios propios de un computador convencional, cámara de fotos y de vídeo o la posibilidad de reproducir películas o videojuegos. La clasificación que a aquí se propone,<sup>9</sup> responde al criterio de funcionalidad o servicio principal para la que ha sido diseñado el *dispositivo móvil*, o, aquel dispositivo del que procede y del que se supone una evolución mejorada. De acuerdo a lo anterior, los *dispositivos móviles* pueden clasificarse de la siguiente manera:

- *Dispositivos de comunicación*, aquel dispositivo móvil cuyo objetivo principal es ofrecer una infraestructura de comunicación, principalmente telefónica. Estos dispositivos ofrecen además servicios como el envío de mensajes *SMS* y *MMS*, o acceso *WAP*. En esta categoría se incluiría el tradicional teléfono móvil, precursor indiscutible dentro de los dispositivos móviles, el *BlackBerry* y el *smartphone*, que amplía notablemente las funciones del primero mediante pantalla táctil, conexión a *internet* o la ejecución de algunas aplicaciones.
- *Dispositivos de computación*, son aquellos *dispositivos móviles* que ofrecen mayores capacidades de procesamiento de datos y cuentan con una pantalla y teclado más cercanos a un computador convencional. Dentro de este grupo encontramos a las PDA, muy populares a finales de los años 90's, que permitían al usuario disponer de un organizador mucho más completo que los ofrecidos por los teléfonos móviles del momento, e incluso la visualización de documentos y el acceso a *internet*. Por otro lado, dispositivo de computación también es un computador portátil o *laptop*, que dentro de los *dispositivos móviles* son sin duda los que mayores prestaciones *hardware* ofrecen. Las *calculadoras gráficas* pueden ser igualmente incluidas en este grupo de dispositivos de computación.
- *Reproductores multimedia*, es aquel *dispositivo móvil* que ha sido específicamente diseñado para proporcionar al usuario la reproducción de uno o varios formatos de datos digitales de audio, vídeo o imágenes. Dentro de estos dispositivos encontramos reproductores *MP3*, los *DVD* portátiles, los eBooks, y en los últimos años los reproductores multimedia de la popular familia *iPod*, que ofrecen audio y vídeo. Estos dispositivos son, generalmente, los de más reducido tamaño y, junto a los teléfonos móviles y *smartphones*, son los más extendidos.

---

<sup>9</sup> *Ibid.*

- *Grabadores multimedia*, son aquellos dispositivos que posibilitan la grabación de datos en un determinado formato digital, principalmente de audio y vídeo. En esta categoría se hallan las cámaras fotográficas digitales o las cámaras de vídeo digital.
- *Consolas portátiles*, son dispositivos móviles cuya única función es la de proporcionar al usuario una plataforma de juego. Las consolas portátiles fueron, junto a los teléfonos, los primeros dispositivos móviles en convertirse en un producto altamente masificado; actualmente, representan un importantísimo volumen de ventas dada su gran aceptación en la sociedad y son objeto de auténticas guerras comerciales entre las principales compañías del sector. Algunos ejemplos de esta categoría son la *Nintendo DS* de Nintendo, o la *PSP* de Sony.



Figura 4. *Dispositivos móviles*: a) Teléfono móvil Nokia 3210; b) BlackBerry 8300; c) Smartphone HTC G1; d) PDA Acer N35; e) Computador portátil MacBook Air; f) E-book Sony Reader; g) Reproductor iPod Nano; h) Cámara de fotografía digital Nikon Coolpix S210; i) Consola portátil PSP; j) consola portátil Nintendo DS .

Fuente: *Uso De Dispositivos Móviles En Europa*, <http://www.elogia.net>

### 3.1.1 Smartphones

Dentro de los *dispositivos móviles*, un *smartphone* (cuya traducción en español sería “teléfono inteligente”) es una evolución del teléfono móvil tradicional que cuenta con ciertas características y prestaciones que lo acercan más a un computador personal que a un teléfono tradicional. Entre dichas características, se puede encontrar una mejora en la capacidad de proceso, almacenamiento y gestión de datos, conexión a *internet* mediante

*Wi-Fi*, pantalla táctil, acelerómetro, localizador geográfico, teclado *qwerty* y diversas aplicaciones de usuario como navegador *web*, cliente de correo, aplicaciones ofimáticas, reproductores de vídeo y audio, entre otras, incluyendo la posibilidad de descargar e instalar aplicaciones nuevas constantemente. A pesar de estas importantes mejoras con respecto a sus predecesores móviles, el reducido tamaño de los smartphones conlleva inexorablemente limitaciones de *hardware* que los mantienen claramente diferenciados de los computadores convencionales. Estas limitaciones se reflejan principalmente en pantallas más pequeñas, menor capacidad del procesador, restricciones de memoria *RAM*, necesidad de adaptar el consumo de energía a la capacidad de una pequeña batería. Estas limitaciones obligan a tener muy presente la capacidad real del dispositivo a la hora de desarrollar su *software*, ya sean aplicaciones de usuario o el propio sistema operativo.

### 3.1.2 Sistemas operativos para *dispositivos móviles*

El *sistema operativo* destinado a correr en un *dispositivo móvil* necesita ser fiable y tener una gran estabilidad, ya que incidencias habituales y toleradas en un computador convencional como reinicios o caídas no tienen cabida en un dispositivo de estos (Aranaz Tudela, Jaime, 2009, p. 21.), además, debe adaptarse adecuadamente a las limitaciones de memoria y procesamiento de datos, proporcionando una ejecución exacta y excepcionalmente rápida al usuario. Estos *sistemas operativos* deben estar perfectamente probados y libres de errores antes de incorporarse definitivamente a la línea de producción. Las posibilidades de realizar actualizaciones e incluso reinstalar mejores versiones del *sistema operativo* para cubrir fallos o deficiencias son más limitadas en un *dispositivo móvil*, incluso, cabe la posibilidad que un *dispositivo móvil* esté funcionando ininterrumpidamente durante semanas e incluso meses antes de ser apagado y reiniciado, a diferencia de lo que ocurre en un computador convencional personal. El consumo de energía es otro tema muy delicado: es importante que el *sistema operativo* haga un uso lo más racional y provechoso posible de la batería, ya que esta es limitada y el usuario siempre exige una mayor autonomía. Todos estos aspectos de los *dispositivos móviles*, entre otros muchos, han de ser tenidos en cuenta a la hora de desarrollar un *sistema operativo* competitivo en el mercado, atractivo para los fabricantes y que permita al usuario sacar máximo provecho de su terminal. En la actualidad, existen varios sistemas operativos para toda la gama de dispositivos móviles. Dentro de los *smartphones*, como puede observarse en la figura 5, se prevé<sup>10</sup> que *Android* será el líder indiscutible con un 57,6%;

---

<sup>10</sup> GeoNodo, Nodo Global De Tecnología, *Predicción De Cuota De Mercado Para Los Sistemas Operativos Móviles*, 2012, [Online], Disponible en: <http://www.geonodo.com/2011/12/26/prediccion-de-cuota-de-mercado-para-los-sistemas-operativos-moviles-para-el-2012>

hay que tener en cuenta que tienen en el mercado una gran cantidad de dispositivos fabricados por numerosas compañías, esta cifra se traduce en 386 millones de teléfonos *Android* vendidos en todo el mundo. En el segundo lugar esta *iOS* de Apple, que se estima que venderá aproximadamente 121 millones de teléfonos, que le otorgaran el 18.1%; y, sorpresivamente en el tercer lugar esta *Windows Phone 7*, desplazando a los canadienses de *RIM*, con una cuota del 6%, gracias a la ayuda de *Nokia*, se espera que esta alianza venda 40 millones de terminales en el 2012.

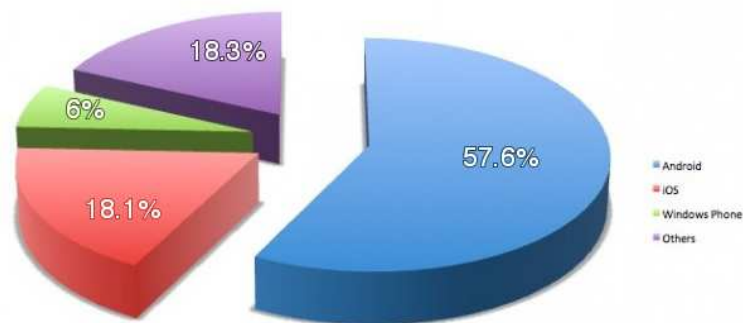


Figura 5. Predicción de Cuota de Mercado para los Sistemas Operativos Móviles  
Fuente: <http://www.geonodo.com>

## 3.2 ANDROID, CARACTERÍSTICAS GENERALES

### 3.2.1 ¿Qué es *Android*?

*Android* es un sistema operativo *móvil* basado en *Linux* diseñado principalmente para funcionar sobre para *dispositivos móviles*; incluye tanto el *sistema operativo* como diversas aplicaciones para el usuario. Representa la primera incursión seria de Google Inc. en el mercado *móvil* y nace con la pretensión de extender su filosofía a dicho sector (Aranaz Tudela, Jaime, 2009, p. 37). Las aplicaciones *Android* se desarrollan en lenguaje *Java* y son ejecutadas en una “máquina virtual” denominada *Dalvik*. El sistema operativo funciona bajo una licencia de distribución Apache 2.0, lo que lo convierte en software de libre distribución. Así pues, de forma gratuita se proporciona un *SDK* junto con la opción de un

“plug-in” para el entorno de desarrollo *Eclipse*, se incluyen también todas las API necesarias para la creación de aplicaciones, así como un emulador integrado para su ejecución. El proyecto *Android* es liderado por Google Inc. Inc. y una asociación de empresas del sector tecnológico: *Open Handset Alliance (OHA)*, cuyo objetivo principal es el desarrollo de estándares tecnológicos para telefonía móvil que permitan incentivar su desarrollo y mejorar la experiencia del usuario. *Android* constituye su primera contribución en este sentido. Con *Android* se busca reunir en un mismo sistema operativo todos los elementos necesarios que permitan al diseñador o desarrollador aprovechar al máximo cualquier funcionalidad ofrecida por un dispositivo móvil (llamadas, mensajes de texto, cámara, agenda de contactos, conexión *Wi-Fi*, bluetooth, aplicaciones ofimáticas, videojuegos, etc.), así como poder crear aplicaciones realmente funcionales y de fácil ejecución, que permitan realizar actividades de diversa complejidad y con múltiples propósitos de acuerdo a los requerimientos de conectividad que el mundo actual exige. *Android* pretende facilitar la integración de los dispositivos móviles con las actividades cotidianas del usuario, incluidas actividades laborales que hagan que el trabajo sea más rápido y eficiente.<sup>11</sup>

### 3.2.2 Arquitectura de *Android*

Las características principales de *Android* son:

- Buscar el desarrollo rápido de aplicaciones altamente funcionales para dispositivos móviles.
- Máquina virtual *Dalvik* que interpreta y ejecuta código escrito en Java.
- Representación de gráficos 2D y 3D.
- Utilización de bases de datos.
- Servicio de localización GSM.
- Control de diferentes elementos hardware: bluetooth, Wi-Fi, cámara fotográfica o de vídeo, GPS, acelerómetro, infrarrojos, ente otros.
- Ofrece un “plug-in” adecuado para uno de los entornos de desarrollo más populares: *Eclipse* y un emulador integrado para ejecutar las aplicaciones.

---

<sup>11</sup> Wikipedia Org., *Android*, [Online], Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>

- Entorno de desarrollo que funciona mediante un SDK disponible de forma gratuita.
- Ofrece un “plug-in” adecuado para uno de los entornos de desarrollo más populares: *Eclipse* y un emulador integrado para ejecutar las aplicaciones.



Figura 6. Arquitectura de Android.

Fuente: <http://www.actualidadg.com>

El nivel principal corresponde al núcleo de *Android* donde se utiliza *Linux 2.6* como capa de abstracción para el hardware disponible en los dispositivos móviles. Esta capa contiene los drivers necesarios para que cualquier componente hardware pueda ser utilizado mediante las llamadas correspondientes. Cuando un fabricante incluya un nuevo elemento de hardware, lo primero que se debe realizar es crear las librerías de control o drivers necesarios dentro de este *kernel* de *Linux*. La elección de *Linux 2.6* se debe a su naturaleza de código abierto y libre se ajusta al tipo de distribución que se pretende para *Android*. La debido a que incluye de por sí numerosos *drivers*, además de contemplar la gestión de memoria, gestión de procesos, módulos de seguridad, comunicación en red y otras responsabilidades propias de un sistema operativo. El siguiente nivel corresponde a las librerías utilizadas por *Android*. Escritas utilizando C/C++, proporcionan a *Android* la mayor parte de sus capacidades funcionales. Junto al núcleo basado en Linux, estas librerías. Las librerías principales son:

- La librería *libc* incluye todas las funciones según el estándar del lenguaje C. Todas las demás librerías se definen en este lenguaje.
- La librería *Surface Manager* es la encargada de componer los diferentes elementos de navegación de pantalla.
- Librerías OpenGL/SL y SGL, que constituyen la capacidad gráfica de *Android*. OpenGL/SL generar gráficos 3D. Por otro lado, SGL proporciona gráficos en 2D, por lo que será la librería más habitualmente utilizada por la mayoría de las aplicaciones.
- La librería *Media Libraries* proporciona todos los códecs indispensables para el contenido multimedia (vídeo, audio, imágenes estáticas y animadas).
- La librería *FreeType* permite trabajar de forma rápida y sencilla con distintos tipos de fuentes.
- La librería *SSL* posibilita la utilización de dicho protocolo para establecer comunicaciones seguras.
- La librería *SQLite*, permite la creación y gestión de bases de datos relacionales, pudiendo transformar estructuras de datos en objetos fáciles de manejar por las aplicaciones.
- La librería *WebKit* proporciona un motor para las aplicaciones de tipo navegador.

En el mismo nivel que las librerías de *Android* se sitúa el entorno de ejecución. Éste lo constituyen las *Core Libraries*, que son librerías con multitud de clases de *Java*, y la máquina virtual *Dalvik*.

Los dos últimos niveles de la arquitectura de *Android* están escritos enteramente en *Java*. El *framework* de aplicaciones representa fundamentalmente el conjunto de herramientas de desarrollo de cualquier aplicación. Toda aplicación que se desarrolle para *Android* utiliza el mismo conjunto de *API* y el mismo *framework* representado por este nivel. Entre las *API* más importantes ubicadas aquí, se pueden encontrar las siguientes:

- *Activity Manager*, importante conjunto de *API* que gestiona el ciclo de vida de las aplicaciones en *Android*.
- *Window Manager*, gestiona las ventanas de las aplicaciones y utiliza la librería *Surface Manager*.

- *Telephone Manager*, incluye todas las API vinculadas a las funcionalidades propias del teléfono (llamadas, mensajes, etc.)
- *Content Providers*, permite a cualquier aplicación compartir sus datos con las demás aplicaciones de *Android*. Por ejemplo, gracias a esta API la información de contactos, agenda, mensajes, etc. será accesible para otras aplicaciones.
- *View System*, proporciona un gran número de elementos para poder construir interfaces de usuario (GUI), como listas, mosaicos, botones, check-boxes, tamaño de ventanas, control de las interfaces mediante tacto o teclado, entre otras. Incluye también algunas vistas estándar para las funcionalidades más frecuentes.
- *Location Manager*, posibilita a las aplicaciones la obtención de información de localización y posicionamiento.
- *Notification Manager*, mediante el cual las aplicaciones, usando un mismo formato, comunican al usuario eventos que ocurran durante su ejecución: una llamada entrante, un mensaje recibido, conexión Wi-Fi disponible, ubicación en un punto determinado, entre otros.
- *XMPP Service*, colección de API para utilizar este protocolo de intercambio de mensajes basado en XML.

El último nivel de la arquitectura de *Android* son las aplicaciones. Éste nivel incluye todas las aplicaciones incluidas por defecto en el dispositivo móvil de *Android*, así como aquellas que el usuario va añadiendo posteriormente, ya sean de terceras empresas o de su propio desarrollo. Todas estas aplicaciones utilizan todos los servicios, las API y librerías mencionadas en los niveles anteriores.

### **3.2.3 La máquina virtual *Dalvik***

En *Android*, todas las aplicaciones se programan en el lenguaje *Java* y se ejecutan mediante una máquina virtual de nombre *Dalvik*. Esta máquina virtual ha sido optimizada y adaptada a las características principales de los dispositivos móviles (menor capacidad de proceso, baja memoria, alimentación por batería) y trabaja con ficheros de extensión *.dex* (Dalvik Executables). *Dalvik* no trabaja directamente con el bytecode de *Java*, sino que lo transforma en un código más eficiente que el original, pensado para procesadores pequeños. Gracias a la herramienta “dx”, esta transformación es posible: los ficheros *.class* de *Java* se compilan en ficheros *.dex*, de forma que cada fichero *.dex* puede contener varias clases. Después, este resultado se comprime en un único archivo de extensión *.apk* (*Android*



*Package*), que es el que se distribuirá en el dispositivo móvil. *Dalvik* permite varias instancias simultáneas de la máquina virtual, y a diferencia de otras máquinas virtuales, está basada en registros y no en pila, lo que implica que las instrucciones son más reducidas y el número de accesos a memoria es menor. Así mismo, *Dalvik* no permite la compilación *Just-in-Time*.

### 3.2.4 Componentes de una aplicación

Las aplicaciones en *Android* incluyen cuatro componentes principales.<sup>12</sup> Cada aplicación será una combinación de uno o más de estos componentes que deberán ser declarados de forma explícita en un fichero con formato *XML* denominado “*AndroidManifest.xml*” junto a otros datos asociados como valores globales, clases que implementa, datos que puede manejar y permisos.

Este fichero es básico en cualquier aplicación en *Android* y permite al sistema desplegar y ejecutar correctamente la aplicación.

- *Activity*, es sin duda es el componente más habitual de las aplicaciones para *Android*. Un componente *Activity* refleja una determinada actividad llevada a cabo por una aplicación y que lleva asociada típicamente una ventana o interfaz de usuario; es importante señalar que no contempla únicamente el aspecto gráfico, sino que éste forma parte del componente *Activity* a través de vistas representadas por clases como *View* y sus derivadas. Este componente se implementa mediante la clase de mismo nombre *Activity*. Muy vinculado a este componente se encuentran los *Intents*, una interesante novedad introducida por *Android*. Un *Intent* consiste básicamente en la voluntad de realizar alguna acción, generalmente asociada a unos datos. Lanzando un *Intent*, una aplicación puede delegar el trabajo en otra, de forma que el sistema se encarga de buscar qué aplicación entre las instaladas es la que puede llevar a cabo la acción solicitada. Por ejemplo, abrir una *URL* en algún navegador web, o escribir un correo electrónico desde algún cliente de correo.
- *Broadcast Intent Receiver*, se utiliza para lanzar alguna ejecución dentro de la aplicación actual cuando un determinado evento se produzca (generalmente, abrir un componente *Activity*). Por ejemplo, una llamada entrante o un *SMS* recibido. No tiene interfaz de usuario asociada, pero puede utilizar el *API Notification Manager*, mencionada anteriormente, para avisar al usuario del evento producido a través de

---

<sup>12</sup> SlashMobility, *Android, Entorno De Desarrollo*, [Online], Disponible en: <http://www.slashmobility.com>

la barra de estado del dispositivo móvil. Este componente se implementa a través de una clase de nombre *BroadcastReceiver*.

- *Service*, representa una aplicación ejecutada sin interfaz de usuario y que generalmente tiene lugar en segundo plano mientras otras aplicaciones son las que están activas en la pantalla del dispositivo.
- *Content Provider*, permite que cualquier aplicación en *Android* puede almacenar datos en un fichero, en una base de datos *SQLite* o en cualquier otro formato que considere. Además, estos datos pueden ser compartidos entre distintas aplicaciones. Una clase que implemente el componente Content Provider contendrá una serie de métodos que permite almacenar, recuperar, actualizar y compartir los datos de una aplicación. Existe una colección de clases para distintos tipos de gestión de datos en el paquete *Android provider*. Además, cualquier formato adicional que se quiera implementar deberá pertenecer a este paquete y seguir sus estándares de funcionamiento.

### 3.2.5 Ciclo de vida de las aplicaciones *Android*

En *Android*, cada aplicación se ejecuta en su propio proceso.<sup>13</sup> Esto aporta beneficios en cuestiones básicas como seguridad, gestión de memoria, o la ocupación de la *CPU* del dispositivo móvil. *Android* se ocupa de lanzar y parar todos estos procesos, gestionar su ejecución y decidir qué hacer en función de los recursos disponibles y de las órdenes dadas por el usuario. El usuario desconoce este comportamiento de *Android*. Simplemente es consciente de que mediante un simple clic pasa de una a otra aplicación y puede volver a cualquiera de ellas en el momento que lo desee. No debe preocuparse sobre cuál es la aplicación que realmente está activa, cuánta memoria está consumiendo, ni si existen o no recursos suficientes para abrir una aplicación adicional. Todo eso son tareas propias del sistema operativo. *Android* lanza tantos procesos como permitan los recursos del dispositivo. Cada proceso, correspondiente a una aplicación, estará formado por una o varias actividades independientes (componentes *Activity*) de esa aplicación. Cuando el usuario navega de una actividad a otra, o abre una nueva aplicación, el sistema duerme dicho proceso y realiza una copia de su estado para poder recuperarlo más tarde. El proceso y la actividad siguen existiendo en el sistema, pero están dormidos y su estado ha sido guardado. Es entonces cuando crea, o despierta si ya existe, el proceso para la aplicación que debe ser lanzada, asumiendo que existan recursos para ello.

---

<sup>13</sup> *Ibid.*

### 3.2.6 Seguridad en *Android*

En *Android* cada aplicación se ejecuta en su propio proceso. La mayoría de las medidas de seguridad entre el sistema y las aplicaciones deriva de los estándares de *Linux 2.6*, cuyo *kernel*, recuérdese, constituye el núcleo principal de *Android*. Cada proceso en *Android* constituye lo que se llama un cajón de arena o *sandbox*, que proporciona un entorno seguro de ejecución. Por defecto, ninguna aplicación tiene permiso para realizar ninguna operación o comportamiento que pueda impactar negativamente en la ejecución de otras aplicaciones o del sistema mismo. Por ejemplo, acciones como leer o escribir ficheros privados del usuario (contactos, teléfonos, etc.), leer o escribir ficheros de otras aplicaciones, acceso de red, habilitación de algún recurso hardware del dispositivo, etc., no están permitidas. La única forma de poder saltar estas restricciones impuestas por *Android*, es mediante la declaración explícita de un permiso que autorice a llevar a cabo una determinada acción habitualmente prohibida. Además, en *Android* es obligatorio que cada aplicación esté firmada digitalmente mediante un certificado, cuya clave privada sea la del desarrollador de dicha aplicación. No es necesario vincular a una autoridad de certificado, el único cometido del certificado es crear una relación de confianza entre las aplicaciones. Mediante la firma, la aplicación lleva adjunta su autoría.

### 3.2.7 Gestión de información

A diferencia de lo que ocurre en otros sistemas, en *Android* cualquier repositorio de datos, como por ejemplo archivos, son privados y únicamente accesibles por la aplicación a la que pertenecen.<sup>14</sup> Sin embargo, esto no implica necesariamente que no puedan ser compartidos o accedidos por otras aplicaciones; *Android* facilita una serie de mecanismos que posibilitan en ciertas circunstancias el acceso a dicha información.

- *Preferencias de usuario*, son todos aquellos valores asociados a una determinada aplicación y que permiten adaptar ésta a los gustos o necesidades del usuario. Solamente se puede acceder a las preferencias dentro de un mismo paquete; *Android* no permite compartir estos valores con otras aplicaciones.
- *Ficheros*. Para leer o escribir ficheros, *Android* facilita los métodos *Context.openFileInput()* y *Context.openFileOutput()*, respectivamente. Estos ficheros deben ser locales a la aplicación en curso, es decir, al igual que con las preferencias, un fichero “estándar” de datos no puede ser compartido con otras aplicaciones.

---

<sup>14</sup> *Ibid.*

- *Bases de datos.* *Android* incluye una librería de SQLite que permite crear bases de datos relacionales, navegar entre las tablas, ejecutar sentencias en SQL y otras funcionalidades propias del sistema SQLite. La base de datos resultante puede ser accedida desde el código de la aplicación como si de un objeto más se tratara, gracias a las clases contenidas en el paquete *Android.database.sqlite*. Cualquier base de datos será accesible desde los demás componentes de la misma aplicación, pero no fuera de ésta.
- *Acceso por red.* Como es lógico, *Android* permite la comunicación entre dispositivos a través de una infraestructura de red, siempre y cuando ésta esté disponible. Los paquetes *java.net* y *Android.net* ofrecen multitud de clases y posibilidades en este sentido. Más adelante se verán con mayor detenimiento sus capacidades.
- *Content Provider.* Hasta ahora, se han mencionado algunas formas para almacenar y recuperar información de forma siempre local y sin poder compartirla con otras aplicaciones del mismo dispositivo. *Android* ofrece un mecanismo que posibilita el acceso a información de forma compartida: usando un Content Provider o proveedor de contenidos. Ésta es la única forma habilitada para facilitar datos más allá del propio paquete de la aplicación. Por defecto, *Android* incluye una serie de componentes *Content Provider* que permiten publicar todo tipo de datos básicos que pueden resultar útiles entre aplicaciones: información de los contactos, fotografías, imágenes, vídeos, mensajes de texto, audios, etc.

### 3.2.8 API demos

Como parte del SDK de *Android*, Google Inc. ha incluido un gran número de clases dentro de un bloque denominado “APIDemos”.<sup>15</sup> Estas clases ejemplifican de forma práctica muchas de las características y posibilidades ofrecidas por el sistema *Android*. Algunas de ellas son las siguientes:

- *APIDemos\app*: incluye ejemplos de cómo trabajar con los principales componentes de *Android*, como por ejemplo *Activity* o *Service* y algunas aplicaciones sencillas. En estas clases se pueden encontrar ilustraciones sobre cómo guardar el estado de una actividad cuando es dormida, usar las preferencias de usuario, devolver un valor

---

<sup>15</sup> Aranz Tudela, Jaime, Universidad Carlos III, Madrid, España, *Desarrollo De Aplicaciones Para Dispositivos Móviles Sobre La Plataforma Android De Google Inc.*, 2009, p. 56.

desde otra actividad, lanzar componentes *Service* en el mismo o distinto proceso, o sobre cómo lanzar alarmas y notificaciones al usuario.

- APIDemos\View: en esta útil carpeta se pueden ver ejemplos de distintos tipos de vistas y diseños para las interfaces de usuario. Aquí se encuentran clases que ilustran la creación de formularios, distribuciones verticales y horizontales de elementos, vistas que se adaptan al contenido, ventanas con *scroll*, listados de elementos, botones compuestos por imágenes, galerías de imágenes o barras de progreso.
- APIDemos\Graphics: aquí se ofrecen ejemplos de la capacidad gráfica de *Android*, tanto de la definición de imágenes con movimientos como de la construcción de figuras geométricas básicas.
- APIDemos\Media: ejemplos sobre el manejo formatos multimedia, como vídeo, sonidos o imágenes. Estos códigos de ejemplo muy recomendables cuando ya se han conocido tanto el funcionamiento más básico de *Android* como sus características principales, y resultan de gran utilidad para comenzar a hacerse una idea general del tipo de aplicaciones que este sistema puede soportar.

### 3.2.9 Funciones de emulador

El SDK de *Android* incluye un completo emulador que permite probar y depurar eficientemente las aplicaciones que se van desarrollando. Este emulador incluye diferentes skins para representar gráficamente un dispositivo móvil real, con pantalla, teclado y botones de función, así como aplicaciones de usuario preinstaladas que incluyen navegador web o visor de mapa, y una consola que permite interactuar con él a través de Telnet. El emulador, como se ha comentado, es muy completo y escapa al propósito de este apartado su explicación detallada. Aun así, se mencionan a continuación algunas de las principales características de esta útil herramienta para el desarrollo en *Android*. Puede ser lanzado tanto a través de una ventana de comandos, con el ejecutable de nombre “emulator.exe” de la carpeta “\tools” o, la que probablemente será la mejor, a través del plug-in para Eclipse. En este último caso, cada vez que se ejecute una aplicación, se hará automáticamente a través del emulador incluido en el SDK. Las opciones de lanzamiento desde Eclipse se pueden revisar en Debug/Run -> Target. Este emulador simula un procesador del tipo ARM y permite tener varias instancias corriendo al mismo tiempo, cada uno con una emulación distinta. Permite simular varios eventos como llamadas entrantes o mensajes SMS, incluso conectar varios emuladores entre sí:

- *Uso de imágenes.* En el emulador de *Android* pueden utilizarse imágenes de datos que se guardan en el propio equipo de desarrollo. Estas imágenes simulan memorias internas, tipo flash, y otras.
- *Aspectos de red.* *Android* incorpora a su emulador un pequeño router/firewall virtual, de forma que el sistema emulado desconoce tanto la máquina de desarrollo como las demás instancias del mismo emulador. Sin embargo, este comportamiento es configurable.
- *Órdenes desde consola.* Aunque el emulador ya esté funcionando, hay muchos aspectos de este que pueden ser configurados al momento utilizando la consola a través de un Telnet al puerto 5554 y posteriores, según la instancia del emulador deseada.
- *Dalvik Debug Monitor.* El emulador incluye una potente herramienta llamada Dalvik Debug Monitor, que será de gran ayuda para testear las aplicaciones. Esta aplicación permite hacer un seguimiento de los puertos utilizados, ver mensajes de log, información acerca de los procesos en ejecución, gestión de memoria, eventos entrantes como llamadas y SMS, así como otras muchísimas opciones orientados a la depuración.

### **3.2.10 Instalación de *Eclipse* con el *SDK* de *Android***

En este apartado se exponen los pasos necesarios para empezar a desarrollar y a entender aplicaciones para *Android*.<sup>16</sup> Las instrucciones de instalación aquí descritas se basan en el sistema operativo *Windows XP* o *Windows Vista* y en el entorno de desarrollo *Eclipse Classic versión 3.4*, conocida como Ganymede. Aunque esta guía de instalación no los contempla, el *SDK* de *Android* también puede correr en otros sistemas operativos como *Mac OS X* o *Linux* (verificado para Ubuntu 6.06 LTS).

#### **3.2.10.1 Descargar el *SDK* de *Android***

*Android* es una plataforma de software libre, por lo que cuenta con un *SDK* disponible para todo desarrollador que lo desee que incluye, entre otros elementos, el conjunto completo de *API* que este sistema soporta. Para descargarlo, basta con visitar la web de *Android* y asegurarse de acceder a la última versión publicada (durante la redacción de estas líneas, la

---

<sup>16</sup> Developers, *Get The Android SDK*, [Online], Disponible en: <http://developer.android.com/sdk/index.html>

última versión es la 1.0 de septiembre de 2008). Una vez descargado el SDK, es necesario descomprimirlo. La ubicación de los ficheros resultantes no es relevante, pero conviene recordar la ruta para pasos posteriores.

### **3.2.10.2 Descargar *Eclipse Ganymede***

La descarga de *Eclipse* no es muy diferente al SDK de *Android*. La web de *Eclipse* ofrece multitud de versiones de este entorno de desarrollo según las necesidades del desarrollador. En este caso, es suficiente con obtener la versión 3.4, denominada Ganymede. Finalizada la descarga, no se realiza ningún proceso de instalación; simplemente se debe descomprimir los ficheros y pulsar el ejecutable para abrir la aplicación. La primera vez que se inicie *Eclipse*, pide al usuario una localización para el workspace, donde se ubicarán por defecto todos los proyectos desarrollados.

### **3.2.10.3 Instalar el plug-in de *Android***

El siguiente paso consisten en instalar un plug-in específico de *Android* para la plataforma *Eclipse*. Esta herramienta, llamada *ADT (Android Development Tools)*, facilita enormemente la creación de proyectos, su implementación, depuración y ejecución, por lo que es altamente recomendable si se quiere trabajar con *Android*.

## **3.3 DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y SU IMPORTANCIA DENTRO DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA**

### **3.3.1 La Industria metalmecánica: perfil del sector**

La *industria metalmecánica* comprende una serie de actividades de manufactura que parten de la *transformación, ensamble y/o reparación* de los metales o sus derivados, de los cuales se obtienen un sinnúmero de productos de consumo masivo. Forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas, que han cobrado gran importancia en los últimos años gracias al avance de la tecnología. La *industria metalmecánica* constituye un eslabón fundamental en el entramado productivo de una nación, no sólo por su contenido

tecnológico y valor agregado, sino también por su articulación con distintos sectores industriales; prácticamente todos los países con un desarrollo industrial avanzado cuentan con sectores metalmecánicos consolidados. La *industria metalmecánica* es una “industria de industrias”, ya provee de maquinarias e insumos claves a la mayoría de *negocios*, entre ellos, la industria manufacturera en general, la construcción, el complejo automotriz, la minería y la agricultura, entre otros; así mismo, produce bienes de consumo durables que son esenciales para la vida cotidiana, como heladeras, cocinas, estufas, artefactos de iluminación, equipos de refrigeración y electrónicos, entre otros. En este sentido, la *industria metalmecánica* ejerce una gran influencia sobre la generación de empleo, ya que requiere de diversas especialidades de operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros, ingenieros, profesionales, entre otros perfiles. Por otro lado, genera la necesidad de integrar la difusión del conocimiento conjuntamente con universidades e institutos públicos, dando lugar a que se den importantes espacios de integración nacional, tanto a nivel de la producción como del sistema de innovación nacional. De esta manera, el sector gravita en forma determinante sobre el proceso *crecimiento económico*: la inversión y el conocimiento; en consecuencia, su desempeño no sólo define las trayectorias de crecimiento sino también su sustentabilidad en el largo plazo, constituyendo un sector estratégico para el desarrollo industrial y tecnológico de una nación.<sup>17</sup>

### 3.3.2 Características generales de la cadena metalmecánica

De acuerdo al destino económico de los productos, la *industria metalmecánica* comprende *bienes de consumo*, materias primas e intermedios y *bienes de capital*. Se entienden dentro de las dos primeras clasificaciones –*bienes de consumo* y materias primas e intermedios–, los artículos que se adquieren para ser utilizados inmediatamente por el usuario final o para ser incorporados en la fabricación de otros bienes. Los *bienes de capital* incluyen los artículos que directa o indirectamente contribuyen a la producción de maquinaria y equipo o que contribuyen a generar rentas de producción.

La *industria metalmecánica*, para efectos de la caracterización de lo que se conoce como la *cadena metalmecánica*, se plantea de acuerdo a la red básica estructural que conforman los diferentes subsectores, de la siguiente manera:<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> IDITIS: Instituto De Desarrollo Industrial y De Servicios, *Publicaciones, Sector Metalmecánico, Inf. Sectorial Metalmecánico, Mza-IDITS*, [Online], Disponible en: <http://www.iditis.org.ar>

<sup>18</sup> Servicio Nacional De Aprendizaje, SENA, Serna Cock, Irma, Mesa Sectorial metalmecánica, *Caracterización Ocupacional Del Sector Metalmecánico*, 2002, p. 22-26.



- *Industrias básicas del hierro, el acero y metales no ferrosos*, que desarrollan procesos a partir de la fundición, aleación, estirado y laminación, empleando materiales como el aluminio, el cobre, el zinc, el estaño, el níquel y el plomo, a partir de los cuales se obtiene lingotes, barras, laminas, perfilera, varillas y piezas fundidas y extruídas para múltiples propósitos.
- *Productos elaborados*, a partir de las materias primas, mediante las cuales se da inicio a la fabricación de los productos metálicos; el proceso de fabricación se encuentra apoyado por maquinaria industrial y la fundición e inyección de metales
- *Bienes de capital*, esta clasificación corresponde a la fabricación de maquinaria y equipo y a los artículos que directa o indirectamente aportan a su producción o que contribuyen a generar rentas de producción.
- *Construcción de equipo y material de transporte*, comprende en gran medida a la actividad ensambladora, si bien se abastece de los demás subsectores, es importante el aporte que hacen las auto-partes, ya que buena parte de su existencia se debe a la obligación que tienen las empresas de ensamble automotriz de integrar piezas nacionales en los vehículos armados en el país.
- *Industrias de apoyo al sector metalmecánico*, hace referencia a las industrias de servicios especializados en las áreas de los acabados y terminados, tales como los tratamientos térmicos y termoquímicos.

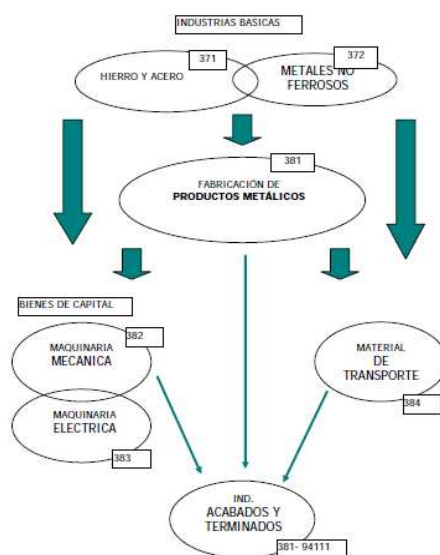


Figura 7. Encadenamiento Estructural de la Industria Metalmecánica.  
Fuente: Servicio Nacional De Aprendizaje, SENA

La fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo conforman un encadenamiento estructural, donde cada una de las agrupaciones de la *industria metalmecánica* constituye un eslabón de la cadena. Las diferentes actividades o subsectores que componen la *cadena metalmecánica* son complementarios, y en otros casos indispensables para el desarrollo de algunos sectores como la construcción, el eléctrico, el plástico y el calzado, entre otros. Realmente existe una relación estrecha entre el desarrollo de algunos sectores con el desarrollo de la *industria metalmecánica*, caso por ej., el de la *industria de la construcción*.

Todos estos subsectores, encadenados estratégicamente para el correcto funcionamiento de la industria, deben estar enmarcados dentro de una *cadena intrínseca* compuesta por los siguientes tres eslabones:<sup>19</sup>

- *Proveedores de insumo*, incluye la extracción, transformación y comercialización de materias primas e insumos.
- *Transformación*, componente netamente industrial que incluye la transformación de los bienes intermedios obtenidos anteriormente en bienes de consumo final. Se subdivide según el uso al cual se destina el producto (automotor, industrial, doméstico.)
- *Comercialización*, encadenamiento final con clientes finales como hogares, comercio, agricultura, construcción y otras industrias.

### **3.3.3 El sub-sector de la estructura metálica en acero**

El sub-sector, de la *estructura metálica* constituye un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región o país donde se utiliza. Es elegido por sus ventajas en plazos de obra, relación costo de mano de obra – costo de materiales, financiación, entre otros. Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero, esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura y así poder cubrir grandes luces y resistir cargas importantes. El uso creciente de las estructuras metálicas en a nivel mundial ha hecho que este sub-sector de la *industria metalmecánica* se haya convertido en uno de los de más alta demanda productiva en los últimos años, especialmente en proyectos constructivos inmobiliarios, donde progresivamente ha venido remplazando a las

---

<sup>19</sup> Informe Observatorio De Mercado De Trabajo, *Estudio Del Sector Metalmecánico, Área Metropolitana De Bucaramanga*, 2010, p. 13.

estructuras generalmente fabricadas a partir de hormigón y otros materiales similares (*El mercado de las estructuras metálicas en el mundo*, ICEX, 2008, p. 5.). De ahí la importancia de que los profesionales de la *ingeniería mecánica* estén capacitados en el empleo de los insumos de acero para diseñar y construir con ellos no sólo las estructuras en que tradicionalmente los han utilizado, como son los puentes y las estructuras de cubierta, sino también edificios y otras construcciones de tipo mecánico, civil y arquitectónico: bodegas, hangares, galpones, invernaderos y bodegas. Las estructuras metálicas se caracterizan por su limpieza, facilidad de transporte, ensamblaje y resistencia entre otras, motivo por el cual se han popularizado.

El principal constituyente de estas estructuras es el acero estructural, entre los que se destacan principalmente el ASTM A-36, AISI 1045, AISI 1060, ASTM A-572 GRADO 50, ASTM A-242, GRADO 50. Estos materiales se encuentran comercialmente en cumpliendo con las exigencias de los diferentes códigos y normas que reglamentan el diseño y construcción como el *AISC* y la *NSR-10*. La industria de la construcción ha estandarizado ciertos elementos de acero con formas y propiedades conocidas para facilitar a calculistas, productores y constructores hablar un lenguaje técnico unificado.

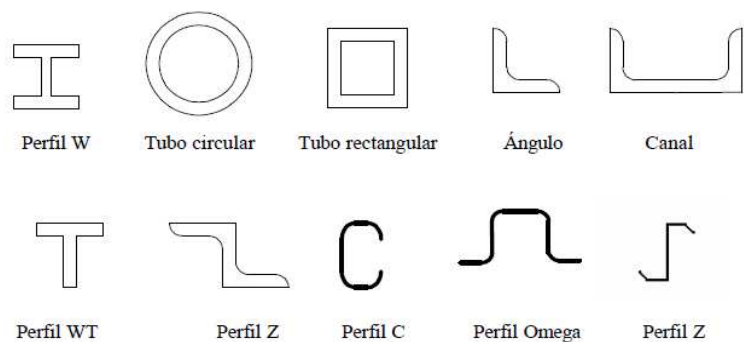


Figura 8. *Perfiles comunes utilizados en estructura metálicas.*

Fuente: <http://www.construmatica.com>

Los perfiles en acero, contruidos para resistir la flexión y el esfuerzo cortante bajo la acción de cargas generalmente perpendiculares a su directriz, se denominan vigas. Se pueden considerar a las vigas como el elemento principal en una estructura metálica, y en algunos casos, pueden complementarse con otros elementos básicos. Las vigas se pueden clasificar desde el punto de vista de su utilización y de su ejecución:

- *Vigas de alma llena*, construidas por perfiles laminados en caliente que pueden ser: simples o compuestos. Estas vigas se construyen con perfiles UPN, IPN o IPB o en combinación con cualquiera de ellos.
- *Vigas de alma llena armadas*, construidas con perfiles laminados y elementos planos.
- *Vigas de celosías o cerchas*, estas vigas están compuestas por piezas que trabajan a tracción y compresión.
- *Vigas especiales*, obtenidas a partir de perfiles de chapa plegada o elementos prefabricados.

Las principales ventajas de utilizar *estructuras metálicas* tienen que ver con los tiempos reducidos de ejecución, el poder construir en zonas muy congestionadas como centros urbanos o industriales en los que se prevean accesos y acopios dificultosos. Alta probabilidad de cambios sobre el diseño en cuanto a dimensiones y distribución cargas se refiere y la versatilidad de diseños en diferentes espacios existen grandes espacios libres, por ejemplo: locales públicos, salones.

### 3.3.4 Estructuras en *alma llena*: características y diseño

Las *estructuras en alma llena* se constituyen en unas de las más utilizadas actualmente, en éstas, aquellas barras que tienen dos dimensiones muy pequeñas en relación con la tercera, construidas para resistir la flexión y el esfuerzo cortante bajo la acción de cargas generalmente perpendiculares a su directriz, se denominan *vigas*; las alas están unidas por una pared llena designada con el nombre de *alma*. El cálculo de estas vigas, como el de sus empalmes y uniones, está basado en la hipótesis de distribución lineal de las tensiones normales debidas a la flexión. Cuando se tienen secciones que no posean eje vertical de simetría, se debe tener cuidado con la aplicación de las cargas en dicha vigas, ya que éstas, aún actuando en el plano del centro de gravedad –que no es el plano de simetría– producen tensiones cortantes adicionales por torsión; así, dejan de estar solicitadas a torsión estas vigas si las cargas pasan por el centro de esfuerzos cortante. El diseño de una estructura *alma llena* se supone:<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Gómez, Narciso A., *Cátedra De Construcciones Metálicas, Construcciones Metálicas, Vigas Alma Llena*, [Online], Disponible en: <http://cmetalicas.tripod.com/sitebuildercontent>

- 1) El estudio general de su equilibrio estático y elástico bajo la acción de fuerzas externas y en las condiciones reales de vínculo, para evitar movimientos y deformaciones capaces de alterar sensiblemente la posición deseada o prevista en las condiciones de resistencia.
- 2) El estudio de las solicitaciones, en los distintos puntos considerados como pertenecientes a una sección genérica.
- 3) El estudio del equilibrio elástico local, para alcanzar las condiciones previstas tanto en el campo elástico como, eventualmente, en el campo plástico.
- 4) Para el dimensionamiento de las vigas de *alma llena* se deben tener en cuenta las reglamentaciones vigentes.

Los principales parámetros de diseño de *estructuras metálicas alma llena* aparecen publicados por el *American Institute Steel Construction AISC*, organismo estadounidense líder en la reglamentación de este tipo de estructuras, en el *Manual of Steel Construction*. Otro aspecto fundamental implica que el diseño sea “sismo-resistente”, punto en el cual debe acogerse a las normas específicas de cada país para tal fin; en Colombia, estas especificaciones se encuentran publicadas por el *Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes*, en la norma *NSR-10*. Finalmente, los diseños de estructuras metálicas alma llena se basan principalmente en el método *LRFD (Load and Resistance Factor Design)*, método de diseño por coeficientes de carga y resistencia.<sup>21</sup>

Se pueden considerar a las vigas como el elemento principal en una estructura metálica, y en algunos casos, pueden complementarse con otros elementos básicos, como las barras sometidas a compresión y flexión. En algunos casos, la complejidad del problema está en la necesidad de adecuar sabiamente la influencia de la resistencia del material –en particular el límite de fluencia– sin descuidar las limitaciones impuestas por las deformaciones como flechas, alabeos, distorsiones, etc. No siempre es posible determinar previamente el tipo de *viga alma llena* que se va a utilizar, si se quiere llegar a una buena solución desde el punto de vista constructivo y económico, es necesario estudiar cada una de las soluciones posibles y compararlas entre sí. Además de las condiciones de estabilidad, se deben tener en cuenta aspectos como el *costo* y el peso de la estructura, así mismo, la mano de obra necesaria para el montaje, tiempo de entrega, entre otros.

Algunos de los componentes principales de las *estructuras metálicas* son:

---

<sup>21</sup> Bermúdez Mejía, Carlos Arturo, *Curso Básico De Estructuras Metálicas, Fundamentos De Diseño En Estructuras De Acero*, Centro De Publicaciones, Universidad Nacional De Colombia, Sede Manizales, 2005, p. 7.

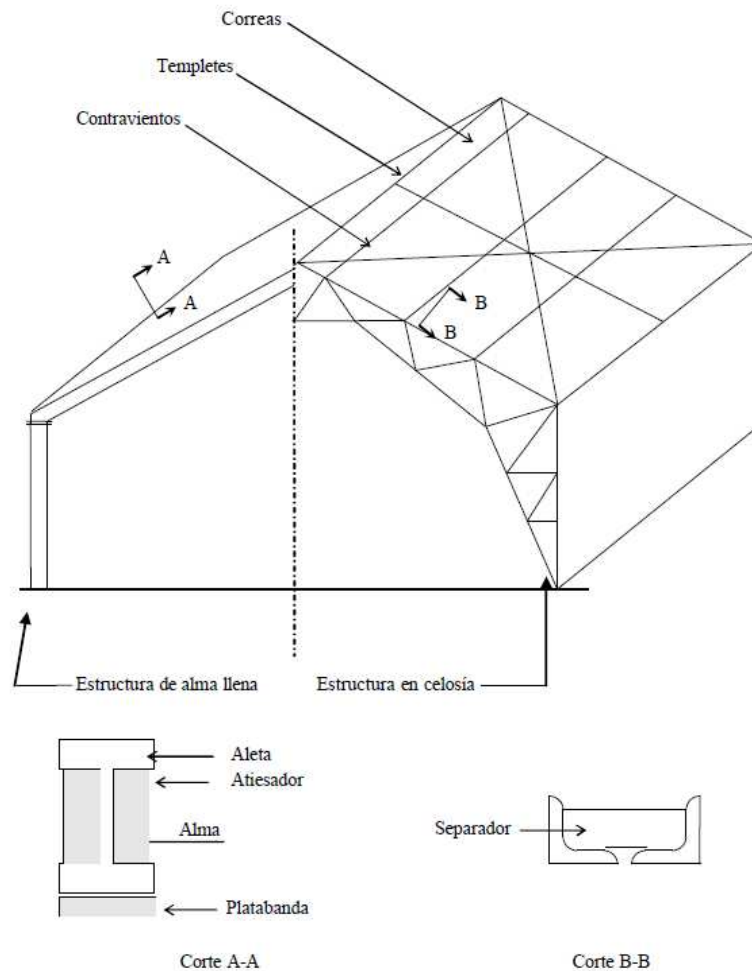


Figura 9. Componentes principales de una estructura metálica.

Fuente: <http://www.construmatica.com>

- *Aleta*, nombre que se le da a las partes exteriores de los perfiles W, WT, C, Z, y a los lados de los ángulos.
- *Alma*, parte de un perfil que une las aletas.
- *Alma llena*, se refiere a los elementos estructurales que presentan una unión continua entre las diferentes partes de la sección transversal.
- *Atiesador*, pletina que rigidiza una sección W para que no experimente pandeo local por el efecto de fuerzas puntuales provenientes de cargas aplicadas o de la aplicación de un par de fuerzas en las conexiones a momento.
- *Correa*, elemento estructural de una cubierta que da apoyo directamente a la teja. Puede estar constituida por barras (varillas y ángulos) en celosía, o por perfiles de alma llena

como los W, C, o Z. Estos últimos son particularmente apropiados para tal efecto, sean de lámina delgada o laminados en caliente.

- *Celosía*, se refiere a las estructuras compuestas de barras esbeltas que delimitan espacios triangulares.
- *Cercha*, conjunto de barras que conforman una estructura en celosía, cuyos cordones superior e inferior no son paralelos y cuyos apoyos son de primer o segundo género pero nunca de empotramiento.
- *Contraviento*, elemento que da rigidez lateral a las cerchas para que estas no se desplacen por efecto de cargas horizontales. Por ser tan esbelto trabaja únicamente a tracción, lo que obliga a que se dispongan contravientos para impedir el movimiento en ambos sentidos.
- *Cordón*, conjunto de barras alineadas de una cercha, generalmente sometidas al mismo tipo de esfuerzos y constituidas por un mismo perfil estructural.
- *Diagonal*, elemento no vertical que va entre los cordones superior e inferior de una cercha.
- *Paral*, elemento vertical que va entre los cordones superior e inferior de una cercha.
- *Platabanda*, pletina que se fija a la aleta de un perfil con el fin de aumentarle su resistencia.
- *Pendolón*, elemento secundario utilizado para evitar que un tensor se flecte por su propio peso.
- *Riostra*, elemento estructural que restringe el pandeo lateral de otro. Puede ser solicitado tanto por compresión como por tracción.
- *Separador*, elemento que se usa para conectar entre sí los ángulos individuales para que trabajen como un solo elemento.
- *Templete*, elemento secundario que trabaja a tracción e impide la deformación de las correas en su eje débil y sirve para alinear las mismas en el proceso de construcción.
- *Tensor*, elemento de una cercha muy esbelto solicitado por tracción.
- *Tracción*, sollicitación hecha a un miembro por la acción de fuerzas que tienden a estirarlo.
- *Vigueta*, elemento estructural que recibe las cargas verticales del entrepiso y las transmite a las vigas principales.

En vigas de poca longitud y no muy cargadas, deben utilizarse preferentemente las vigas de perfiles laminados; ya que éstos no necesitan ninguna elaboración de taller, por lo tanto, tienen la ventaja de un menor costo (comparadas con las vigas armadas que requieren de una cierta elaboración). Para estos tipos de vigas conviene la utilización de los perfiles normales laminados *UPN*, *IPN* que se utilizan en viguetas, correas, etc. Cuando existen limitaciones en la altura se recurre a los perfiles *IPB*. Todos estos perfiles pueden reforzarse mediante platabandas con remaches, tornillos o soldadas a ellos en las zonas en que la sollicitación debida al momento flector es mayor. También puede reforzarse el alma adosándole chapas o perfiles. Principalmente para luces y cargas importantes se seleccionan vigas armadas,

ya que los perfiles laminados tienen cierto límite de fabricación. En consecuencia, la elección del tipo de viga a diseñar estará dada por el cálculo. Las vigas armadas presentan la ventaja de que con ellas se puede aprovechar muy bien el material, pues las secciones pueden irse adaptando a sus correspondientes solicitaciones. Consecuentemente, ofrecen con respecto a los perfiles laminados la ventaja de ahorrar peso, pero presentan el inconveniente de requerir más mano de obra. No es tarea fácil establecer los límites de conveniencia entre las vigas de alma llena compuestas y las reticuladas. En vigas fuertemente cargadas, es conveniente el tipo de alma llena en doble te con luces de hasta 10 m. o un poco más. Para cargas muy grandes son recomendadas las vigas cajón, así mismo, si las vigas son soldadas, su utilización puede extenderse a longitudes mayores (Gómez, Narciso, p. 3.). En la práctica, para longitudes superiores a los 20 m. entre apoyos las *vigas alma llena* son sustituidas, casi siempre con ventaja, por las vigas reticuladas. No es así, en cuanto al costo, ya que pocas veces la reducción del peso se traduce en beneficio.

Para el cálculo de *vigas alma llena*<sup>22</sup> en perfiles laminados se debe recomendar siempre el empleo de los perfiles comerciales para la construcción de vigas sencillas; por lo expuesto con anterioridad y sobre todo cuando las circunstancias de tensiones lo permiten, ya que son los que mejores se adaptan para estar solicitados a la flexión. La comprobación de la sección del perfil a flexión se hace mediante la siguiente expresión general:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq \sigma_{adm}$$

Donde  $W_x$  es el módulo de resistencia del perfil –se los obtiene de las normas o de los catálogos de los fabricantes–, en el que habrá de tenerse en cuenta la deducción de los agujeros, si los hubiera. El esfuerzo cortante  $Q$  en el alma, en general, tiene poca importancia, no se tiene en cuenta en el dimensionamiento de los perfiles laminados, ya que en escasas ocasiones sobrepasan los valores admisibles. La tensión de corte aproximadamente queda definida por:

$$\tau = \frac{Q}{F_{alma}} \leq \tau_{adm}$$

Donde  $F_{alma}$  es la sección transversal del alma del perfil. Si no se alcanzan los momentos resistentes dados en las tablas de perfiles, se pueden reforzar de una manera muy

---

<sup>22</sup> Gómez, Narciso A., *Cátedra De Construcciones Metálicas, Construcciones Metálicas, Vigas Alma Llena*, [Online], Disponible en: <http://cmetalicas.tripod.com/sitebuildercontent>



sencilla con la incorporación de platabandas. El momento de inercia total será, suponiendo una distribución simétrica:

$$I_x = I_1 + \sum \frac{b \cdot d^3}{12} + \sum F \cdot a^2$$

La mayor parte de las veces, el momento de inercia de las platabandas con respecto a su eje se desprecia sobre la base de su escasa importancia.

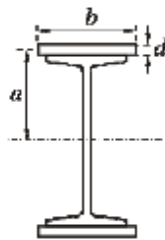


Figura 10. Incorporación de platabandas en un perfil laminado alma llena.  
Fuente: Construcciones metálicas.

A partir del momento de inercia de la viga total se obtiene el momento resistente de la forma habitual:

$$W_x = \frac{I_x}{a + \frac{d}{2}}$$

En los perfiles reforzados con platabandas es conveniente un cálculo más exacto de la tensión de corte, ya que es probable que las tensiones sobrepasen los valores admisibles. En este caso, la tensión está dada por:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S}{I \cdot s} \leq \tau_{adm}$$

Donde  $S$  es el momento estático de la superficie de la sección transversal situada por encima (o por debajo) de la sección de corte que se estudia, en este caso la fibra neutra del

diagrama de tensiones.  $I$  es el momento de inercia total de la sección y  $s$  es el espesor del alma en la sección de corte. Se había mencionado que el esfuerzo de corte tenía poca influencia en las vigas metálicas como consecuencia de que en el eje neutro son máximas las tensiones tangenciales y se anulan las tensiones normales debidas a la flexión. Esto pierde validez cuando, por ej., se tiene una viga en  $I$  de poca luz y sometida a altas cargas. Bajo estas condiciones se debe considerar un estado de tensiones biaxial, porque además de la tensión de corte, a la viga se superponen tensiones normales derivadas de los momentos de flexión. Por consiguiente, es necesario comprobar la tensión equivalente  $\sigma_{eq}$  deducida de los estudios de la ruptura de los cuerpos sometidos a un estado de tensiones planas y que según el criterio de *Von Mises* está dada por la siguiente expresión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Donde  $\sigma$  es la tensión normal en el enlace de cabeza y alma en el extremo del alma y  $\tau$  es la tensión tangencial en la misma fibra en la que se analiza.

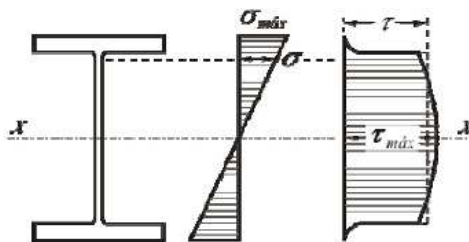


Figura 11. Estado de tensiones biaxial en un perfil en  $I$ .  
Fuente: *Construcciones metálicas*.

En una sección sometida a flexión y esfuerzo cortante se debe verificar que en ningún punto de la misma, la tensión de comparación  $\sigma_{eq}$  sobrepase el de la tensión admisible. En los perfiles usuales bastará, efectuar dicha verificación sólo en dos puntos:

- 1) El correspondiente al borde de la sección en el cual es nula la tensión cortante y máxima la tensión normal de flexión, por lo tanto,  $\sigma_{eq} = \sigma$ .
- 2) El correspondiente a la zona de transición del ala con el alma, donde la primera tensión, ya actúa y la segunda se halla próxima a su valor máximo (Figura 10).

En las almas de las *vigas alma llena*, deben conservarse para las tensiones normales y de corte sus tensiones admisibles, de igual forma, cuando la tensión de corte promedio en el alma sobrepasa el valor de  $0,50 \tau_{adm}$ , debe verificarse que la tensión equivalente  $\sigma_{eq}$  sea menor o igual a la tensión admisible  $\sigma_{adm}$ . En los perfiles que tienen dos ejes de simetría, el centro de esfuerzo cortante coincide con el baricentro de la sección y, por lo tanto, las fuerzas que actúan según los ejes principales provocan flexiones simples, mientras que, las que aun pasando por el baricentro, no coinciden con un eje principal, dan lugar a flexión oblicua. Por ejemplo, en el caso de un perfil *I* el momento  $M$  se descompone en los  $M_x = M \sin \alpha$  y  $M_y = M \cos \alpha$  con respecto a los ejes correspondientes, y la verificación está dado la expresión:

$$\sigma = \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_{adm}$$

El diseño de *estructuras metálicas alma llena* abarca la determinación de un sistema de resistencia idóneo, de tal manera que cuando la estructura se vea sometida a las diversas cargas que puedan actuar sobre ella, mantenga las características de seguridad y funcionalidad requeridas. Se puede afirmar que un diseño es seguro cuando se tienen en cuenta no sólo las cargas que cotidianamente actúan sobre la construcción, sino también las que sean producto de sucesos con un período de recurrencia no muy alto, como los *sismos*, *vientos* de muy alta velocidad, *lluvias*, *nieve* o cargas verticales muy superiores a las esperadas. No se trata solamente de evitar el colapso sino también de evitar que debido a las deformaciones producidas por un *sismo* o cualquier otro suceso, deterioren los cerramientos exteriores e interiores y las instalaciones eléctricas, mecánicas, de comunicaciones, hidráulicas y sanitarias, cuyo costo de reposición puede representar hasta el 70% de toda la obra. El concepto de seguridad incluye que aun cuando se presente la falla, esta sea de tal naturaleza que se advierta a tiempo para preservar la vida de las personas. El sistema estructural será funcional cuando, además de ser seguro, resulte cómodo para los usuarios; esto es, que bajo la acción de las cargas normales no presente vibraciones incómodas ni deflexiones muy grandes que deterioren progresivamente la estructura hasta llevarla al punto de la ruptura (Bermúdez Mejía, Carlos, 2005, p. 18.). Las *estructuras alma llena* (y todas las estructuras en general) deben diseñarse para soportar el total de las cargas vivas y muertas, con una combinación adecuada de cargas de grúas (si hubiere puentes grúa o montacargas), fuerzas sísmicas, cargas de viento y con los márgenes apropiados para impactos, cargas de inercia, vibraciones, efectos secundarios de cargas vivas, temperatura, entre otras.

- *Carga muerta*, se entiende el peso propio de la estructura y de los elementos que estén sujetos a la ella.
- *Carga viva*, es todo el conjunto de cargas móviles producidas por el uso y ocupación de las estructuras. Esto no incluye las cargas ambientales (viento, hielo, nieve, lluvia, sismos). Las cargas vivas en vigas soporte para puentes grúa deben tomarse iguales a las cargas máximas en las ruedas de la misma. Cuando las cargas sean móviles, deberán considerarse actuando en el lugar más desfavorable en cuanto a la generación de momentos, cortantes, fuerzas axiales, etc. para los cuales se diseñará el elemento.
- *Carga de operación*, para procesos y utilización de equipos, comprenden el peso de los mismos, bajo condiciones normales y a un nivel máximo de operación. También deben incluirse el peso de materiales permanentemente almacenados para al operación normal.
- *Carga de prueba*, las cargas de prueba comprenden la carga muerta y el peso de cualquier elemento necesario para efectuar pruebas de equipos: tanques y/o tuberías.
- *Carga de grúa*, las vigas carrileras y las estructuras soportantes deben diseñarse para llevar la grúa con la distancia entre ejes y la carga máxima por eje indicada por el fabricante o el dueño.-
- *Carga de granizo o nieve*, las cargas de nieve y/o granizo no se consideran en todos los lugares del mundo, pero deben establecerse de acuerdo al diseño particular de cada construcción. Esto es particularmente importante en aquellos diseños que no permitan un flujo libre del granizo y en los miembros que soportaran canales para agua lluvia. En estos casos la carga deberá considerarse solamente en los miembros afectados.
- *Carga de lluvia*, debe considerarse solamente en el diseño de los miembros afectados, particularmente en aquellos que soportaran los canales para agua lluvia.
- *Carga de viento*, las estructuras deben diseñarse para soportar una velocidad de viento básica (la mayor velocidad de viento asociada con una probabilidad de 0.02) de 70 km/h (44mph) actuando horizontalmente a una altura de 10 m sobre el nivel del piso. Las cargas debidas al viento en tanques circulares, intercambiadores, tolvas, silos, entre otros, deben calcularse usando el área de proyección (del equipo más el aislamiento) multiplicada por un factor de incremento de área adecuado.

- *Carga sísmica*, como mínimo, las estructuras deben diseñarse para soportar las fuerzas sísmicas, desplazamientos, y requerimientos de ductilidad indicados en el *UBC-Structural Engineering Design Provisions, Chapter 16, Division IV*. En particular, cada nación debe tener su propia reglamentación a este respecto (Colombia, *NSR-10*).
- *Carga térmica*, las fuerzas producidas por la expansión o contracción debidas a cambios de temperatura respecto a las condiciones de montaje deben considerarse adecuadamente. Están incluidas las fuerzas debidas al anclaje de dispositivos adicionales. También deben considerarse los efectos de los fluidos a alta temperatura en la estructura.
- *Carga de vibración*, las cargas de vibración son aquellas fuerzas causadas por la vibración de maquinarias como bombas, ventiladores, sopladores, compresores, entre otros. Todos los soportes para los equipos que producen vibraciones, deben diseñarse para un límite de vibraciones de un nivel aceptable.
- *Carga de montaje*, las cargas de montaje son fuerzas temporales causadas por el montaje de las estructuras o equipos. Deben considerarse en combinaciones de carga como cargas vivas.

Se han desarrollado diversos métodos para diseñar adecuadamente estructuras en general, dos de los cuales se explican brevemente a continuación: el método de esfuerzos admisibles (*ASD Allowed Stress Design*), y el método de coeficientes de carga y resistencia (*LRFD Load and Resistance Factor Design*). Por mucho tiempo se empleó el método de esfuerzos admisibles, en el cual el calculista divide la resistencia nominal de un elemento por un factor de seguridad y la compara con la resistencia requerida por la acción de las cargas de trabajo, es decir, las cargas máximas esperadas en la estructura sin que estas sean superadas. Este método puede expresarse de la siguiente manera:

$$\sum Q_i \leq R_n / FS$$

El lado izquierdo de esta ecuación puede determinarse de varias formas, de acuerdo con la norma *NSR-10*

- D
- D + L + (Lr o G)
- D +/- W

- $D \pm 0,7E$
- $(D + L + (L_r \text{ o } G) + W) * 0,75$
- $(D + L + (L_r \text{ o } G) + 0,7 E) * 0,75$

Donde:

- $D = \text{Carga muerta}$
- $L = \text{Carga viva de ocupación}$
- $L_r = \text{Carga viva de cubierta}$
- $W = \text{Carga de viento}$
- $E = \text{Fuerzas sísmicas reducidas por el coeficiente de capacidad de energía}$
- $G = \text{Carga debida a lluvia y granizo}$

Como los diferentes tipos de cargas no tienen el mismo índice de variabilidad no es posible tener en este método un grado de confianza uniforme.

En el método con factores de carga y resistencia *LRFD* se busca tener más uniformidad en el grado de confianza; es decir, que la relación entre la resistencia de diseño y la requerida sea la misma para todos los tipos de estructuras cuyos tipos predominantes de cargas sean diferentes. El método puede ser representado por la fórmula:

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \Phi R_n$$

El lado izquierdo es la resistencia requerida y es el producto de diversos tipos de cargas  $Q_i$  multiplicados por los coeficientes de carga  $\gamma_i$  de acuerdo con las combinaciones de carga establecidas:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ o } G)$
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ o } G) + (0,5L \text{ o } 0,8W)$
- $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ o } G)$
- $1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2G$
- $0,9D \pm (1,3W \text{ o } 1,0E)$

El lado derecho de la ecuación es la resistencia de diseño determinada para un estado límite; deber ser revisado que se satisfaga para todos los estados límite los cuales pueden ser de resistencia o de servicio. Los *estados límite de resistencia* se refieren a la seguridad y a la capacidad de carga, entre los que se pueden mencionar: fluencia en la sección total de un elemento a tracción, rotura en su sección neta efectiva, pandeo flector de

un elemento a compresión, momento plástico de un elemento a flexión, falla por fatiga, volcamiento de la estructura, entre otros. Los *estados límite de servicio* tienen que ver con el comportamiento bajo cargas normales de servicio, como las deflexiones de una viga y la resistencia al deslizamiento en una junta tipo deslizamiento crítico. Aunque estos no tienen que ver con la seguridad, su verificación es fundamental para garantizarla funcionalidad de la estructura. Los coeficientes de carga mostrados anteriormente son el producto de un estudio estadístico realizado por el subcomité A-58 de factores de carga del *American National Standards Institute (ANSI)*. Estas combinaciones están basadas en la suposición de que en un momento dado sólo un tipo de carga alcanzará su valor máximo esperado en 50 años y las demás estarán en un valor promedio.<sup>23</sup>

Los coeficientes de resistencia reflejan la mayor o menor variabilidad en el comportamiento de los elementos a distintas situaciones y sometimientos de cargas. Algunos de ellos son los siguientes:

- $\Phi_t = 0,90$  para fluencia por tracción.
- $\Phi_t = 0,75$  para rotura por tracción.
- $\Phi_t = 0,85$  para compresión.
- $\Phi_t = 0,90$  para flexión.
- $\Phi_t = 0,90$  para fluencia por cortante.

---

<sup>23</sup> Bermúdez Mejía, Carlos, *Curso Básico De Estructuras Metálicas, Fundamentos De Diseño En Estructuras De Acero*, Centro De Publicaciones, Universidad Nacional De Colombia, Sede Manizales, 2005, p. 20.

#### 4. METODOLOGIA

El diseño metodológico preliminar del proyecto sugiere un tipo de investigación *trivalente* dado que ésta adopta tres diferentes matices de investigación: 1). *Investigación experimental*, cuyo resultado final será la concepción de una *aplicación android*, desarrollada con base en los principios fundamentales de aplicaciones relacionadas existentes y la fusión de estos principios con variables propias del mundo de los *negocios* y de la *industria metalmecánica* en particular. 2). *Investigación de campo*, en la que deberá identificarse el impacto de las *aplicaciones Android* actuales y, 3). *Investigación evaluativa*, en el momento de evaluar el impacto generado por la nueva *aplicación android* desarrollada y propuesta. En este contexto, se prevén las siguientes *fases de investigación*:

- ***Fase de investigación bibliográfica***, en la que se realizará una búsqueda extensa de bibliografía y referencias en general sobre *nuevas tendencias en los negocios, aplicaciones android, sistema operativo android y diseño de bodegas metálicas alma llena*, incluyendo conceptos relacionados con *AISC, NSR-10 y LRFD*. Dentro de esta fase, es fundamental la clasificación de la información de tipo gráfica, técnica y analítica, de tal manera que se pueda jerarquizar en orden de importancia y se puedan identificar fácilmente defectos de relación, proporción y omisión o exceso de información.

***Fase de investigación de campo***, que evidencie un panorama general del principio de funcionamiento actual de *herramientas software* y programas para el diseño de *estructuras metálicas* en general, teniendo en cuenta parámetros de diseño como alto nivel de exactitud, funcionalidad, precisión y eficiencia fundamentales para el desempeño exitoso de tales herramientas. Es necesario, también, obtener un panorama general del funcionamiento y características de aquellas *aplicaciones android* que reúnan e implementen conceptos de los anteriormente mencionados respecto a *estructuras metálicas*.

***Fase de investigación exploratoria***, en la que se estudiarán aspectos como la implementación del *módulo de cálculo de presupuestos* y el envío de cotizaciones vía *e-mail*, así como la implementación del *módulo de modelado básico en 3D*, respecto a este último, es luego de esta fase, donde se determinará la posibilidad o “NO” de ser implementado



- ***Fase de documentación de resultados de investigación***, que corresponde a la *síntesis* final de la información y/o resultados recopilados en las tres fases anteriores, es de suponer, que de aquí en adelante, la información resultante, constituye la base fundamental del desarrollo de la *aplicación* y, por supuesto, es la base informativa fundamental para la elaboración del documento final de investigación, ya que contiene en sí misma la *concepción* como tal del proyecto de investigación.
  
- ***Fase de desarrollo de la aplicación***, el cuál se realizará mediante la metodología *RUP® (Rational Unified Process®)* de *IBM®*. Dicha metodología comprende principios claves de implementación como: *adaptabilidad del proceso* a los requerimientos del cliente o del proyecto en particular; el *equilibrio de prioridades*, en el que se despolarizan los requerimientos del cliente; la *demonstración de valor de forma iterativa*, donde el proyecto se entrega y evalúa paulatinamente identificando la calidad del desarrollo del proyecto; la *colaboración entre equipos*; teniendo en cuenta que el desarrollo de *software* generalmente requiere de equipos multidisciplinarios, dados los múltiples campos de aplicación; la *elevación del nivel de abstracción*, que en términos generales, elimina la idea de la reutilización de códigos existentes y, el *enfoque en la calidad*, que garantiza la eficiencia del *software* desarrollado en cada etapa de su concepción. El *RUP®* contempla las siguientes fases:<sup>24</sup>

1). *Fase de Inicio*: esta fase tiene como propósito definir y acordar el alcance del proyecto con los patrocinadores y clientes, identificar los riesgos asociados al proyecto, proponer una visión muy general de la arquitectura de la aplicación.

2). *Fase de elaboración*: En la fase de elaboración se seleccionan los casos de uso que permiten definir la arquitectura base del sistema y se desarrollaran en esta misma, se realiza la especificación de los casos de uso seleccionados y el primer análisis del dominio del problema, se diseña la solución preliminar.

3). *Fase de Desarrollo*: El propósito de esta fase es completar la funcionalidad del sistema, para ello se deben clarificar los requisitos pendientes, administrar los cambios de acuerdo a las evaluaciones realizadas por los usuarios y se realizan las mejoras para el proyecto.

4). *Fase de Cierre*: (debe decir Fase de Transición) El propósito de esta fase es asegurar que la aplicación esté disponible para los usuarios finales, ajustar los errores y defectos encontrados en las pruebas de aceptación, capacitar a los usuarios y proveer el soporte técnico necesario. Se debe verificar que el producto cumpla con las especificaciones entregadas por las personas involucradas en el proyecto.

---

<sup>24</sup> Wikipedia Org., *Rational Unified Process*, [Online], Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Rational\\_Unified\\_Process](http://es.wikipedia.org/wiki/Rational_Unified_Process)

Los *roles* a desempeñar dentro del RUP®, son:

- *Analista*
- *Arquitecto*
- *Programador*
- *Analista de pruebas*

Cuyas actividades principales son:

- *Analista*: identificar los requerimientos, realizar un análisis de los mismos y presentar un listado de soluciones que se ajusten a los requerimientos.
- *Arquitecto*: realizar un análisis de la arquitectura más adecuada para el desarrollo de la *aplicación*.
- *Programador*: realizar las tareas de *desarrollo* que surjan del análisis realizado por el analista y el arquitecto, desarrollar el *sistema de administración* de la *aplicación* y ajustar la solución según los *resultados* de las pruebas.
- *Analista de pruebas*: realizar un *análisis* de las pruebas que se deben hacer sobre la implementación de la *aplicación* y presentar un resumen de los resultados obtenidos de las fases de pruebas.

El RUP®, en cada una de sus fases (pertenecientes a la estructura dinámica) realiza una serie de artefactos que sirven para comprender mejor tanto el análisis como el diseño del sistema (entre otros). Para este caso, los *artefactos* son:

- *Documento de requerimientos.*
- *Reporte de aplicaciones desarrolladas.*
- *Especificaciones de caso de uso.*
- *Entregables del desarrollo.*
- *Documento de arquitectura.*
- *Documento de análisis de pruebas.*
- ***Fase de prueba de campo, recopilación de información y resultados***, donde se realizará una prueba de campo que proporcione información acerca del impacto y de los resultados obtenidos después de la implementación de la *aplicación*.

- ***Fase de procesamiento de la información***, donde la información y resultados obtenidos de la etapa anterior, deberán ser procesados y tabulados, de tal manera que *estadísticamente*, se tenga una idea clara del funcionamiento de la *aplicación*, así como de los puntos que deben ser retroalimentados luego de su implementación.
- ***Fase de elaboración de producto final***, en la que la *aplicación* será ajustada luego del análisis y procesamiento de los datos obtenidos en las fases anteriores, para la presentación final. En esta fase, también deberá elaborarse el *documento final* de investigación, en el que se incluya toda la información recopilada, implementada, estudiada y analizada de todas las fases anteriores, de tal manera que pueda generarse una evidencia clara y concisa de los beneficios de la *aplicación* y de la importancia de todos los medios utilizados para conseguir su realización, así como de la importancia de su posible implementación en el mundo de los *negocios* de la *industria metalmecánica*.

## 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

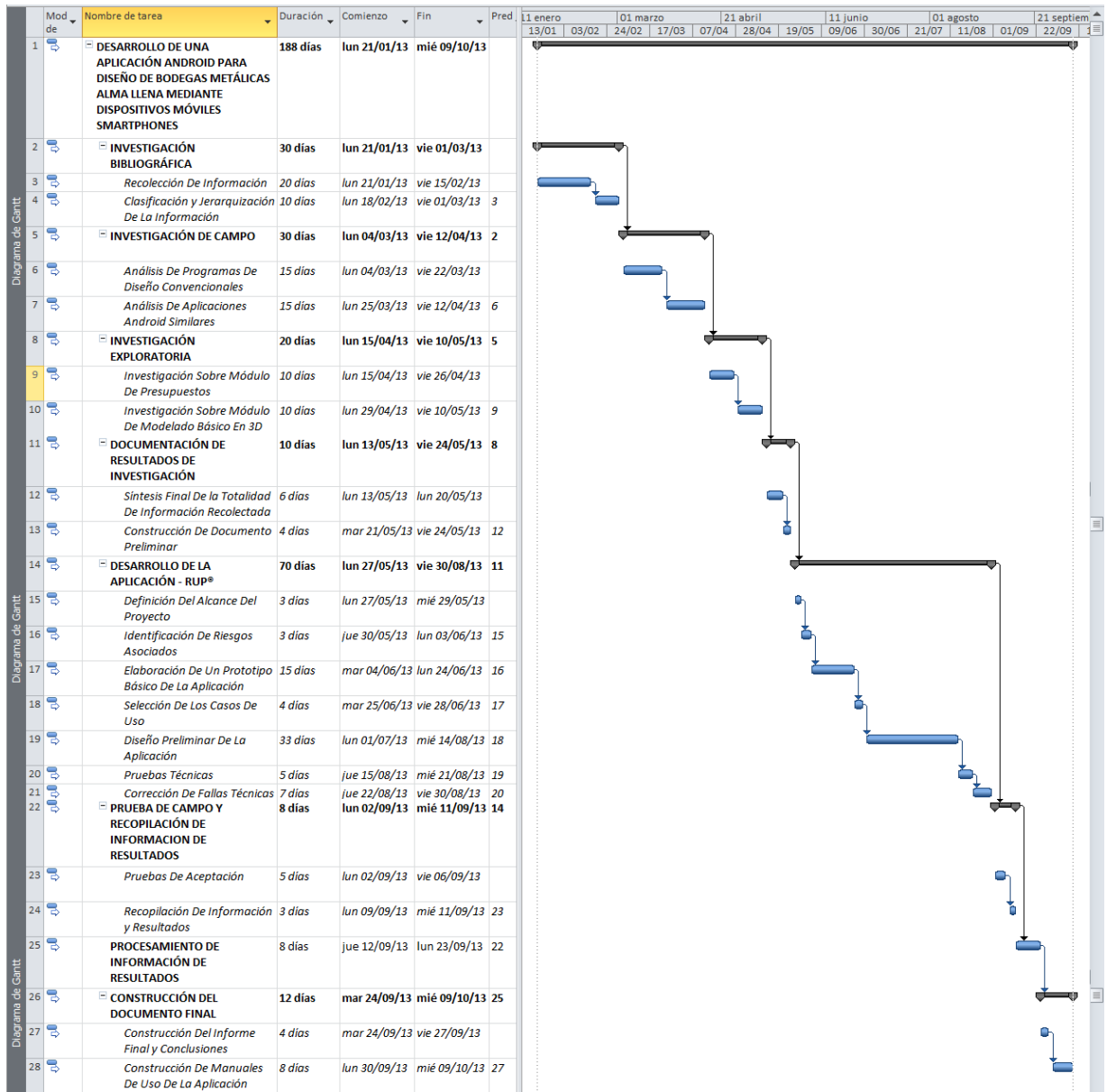


Figura 12. Cronograma de Actividades.

## 6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Presupuesto General Proyecto			
Duración Estimada En Meses		10	
Semanas		40	
Descripción		Costo Asociado	Fuentes De Financiación
Recurso Humano Asociado		\$ -	
2	Autores Del Proyecto	\$ -	Personal
1	Director o Tutor ( <i>interno</i> )	\$ -	Institucional
0	Director o Tutor ( <i>externo</i> )	\$ -	
0	Profesor (responsable interno)	\$ -	
1	Apoyo Técnico	\$ -	
0	Apoyo Administrativo	\$ -	
0	Asesor	\$ -	
Software o Equipo de Apoyo		\$ 5.990.400	Presupuesto del proyecto
Gastos Generales		\$ 2.450.500	Presupuesto del proyecto
Condiciones Específicas		\$ -	Empresarial
Subtotal		\$ 8.449.900	
8%	Imprevistos	\$ 676.000	
Total presupuestado		\$ 9.126.000	

Tabla 1. *Presupuesto General del Proyecto.*

## BIBLIOGRAFÍA

- STEELCASE INC. *Exploring workplace research, insights and trends*, 360° Steelcase Inc., 2010,
- ERNST y YOUNG Global Limited, *El Informe De Riesgos y Negocios De Ernst y Young, Los 10 Principales Riesgos De Negocios*, Editorial Mancera S.C., 2011.
- CARBALLO FRANQUIS, Jorge E. HARJANI HARJANI, David D. *Desarrollo de Aplicaciones Móviles en Android*. Universidad de la laguna, Escuela técnica de ingeniería informática. 2010.
- GOMEZ, Nana. *El gran libro de Android*. Editorial Axel Springer España S.A.2012.
- CUERVO BERNAL, Enrique. *Caracterización ocupacional del sector metalmecánico*. Servicio Nacional de aprendizaje SENA, Centro De Automatización Industrial, Regional caldas. 2002.
- SANTOS, Naiara. *El mercado de estructuras metálicas en Emiratos Árabes Unidos*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en DUBAI. 2008.
- BERMÚDEZ MEJÍA, Carlos Alberto. *Curso Básico De Estructuras Metálicas*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 2005.
- GUFÍERREZ, José Arturo. *La productividad en la industria metalmecánica colombiana*. Universidad Nacional De Colombia. 1998.
- INFORME OBSERVATORIO DE MERCADO DE TRABAJO. *Estudio sector metalmecánico, área metropolitana de Bucaramanga*. 2010.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS, *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. NSR-10.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, *Manual of steel construction/load & Resistance factor design*. Tomos I y II, Nueva York, 2da ed. 1994.
- MC CORMAC, J. *Diseño De Estructuras De Acero, Método LFRD*. México, Editorial Alfaomega, 1991.