



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL USO ADECUADO DE HORMIGÓN PULIDO  
EN RESIDENCIAS, COMERCIOS E INDUSTRIAS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Tecnólogo en Construcción y Domótica

Profesor Guía

Ing. Iván Alonso Velásquez Castellanos

Autor

Humberto Anibal Coronel Nieto

Año  
2016

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientado sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Iván Alonso Velásquez Castellanos  
Ingeniero  
C.C. 170710385-7

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las Tomados correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Humberto Anibal Coronel Nieto  
C.C- 171010285-4

## **AGRADECIMIENTOS**

En estos tres años de arduo trabajo, no puedo sino sentirme inmensamente agradecido primero con Dios que hizo posible que logre culminar una meta más en mi vida, y quien me bendice e ilumina en cada paso que doy, a él toda mi gratitud.

“No se preocupen por nada. Más bien, oren y pídanle a Dios todo lo que su corazón anhela y sean agradecidos en todo momento.” Filipenses 4-6.

Mi gratitud también para el Ingeniero Iván Velásquez, quien con su guía, sabiduría y paciencia supo encaminarme hacia la culminación de este Proyecto de Tesis.

A mis profesores, quienes con su conocimiento y capacidad supieron traspasar sus conocimientos con ética y profesionalismo.

A mis compañeros y colegas de clase, a toda mi familia, que estuvo constantemente a mi lado apoyándome y alentándome en cada momento, dejando que nunca decaiga, alentándome para que alcance mi objetivo.

## **DEDICATORIA**

En estos años llenos de infinitas experiencias tanto positivas como negativas, con altos y bajos, puedo asegurar que el camino recorrido ha valido la pena; cada momento ha sido lleno de aprendizajes y experiencias.

Por ello, quiero dedicar mi Tesis a mi Padre Celestial como pilar de mi vida, a él le debo mi existencia y todo lo que tengo en esta vida.

A mí amada Esposa y amiga Tania, mi constante apoyo y soporte, que ha sabido entenderme y soportarme durante esta travesía. Gracias por su infinita paciencia y amor incondicional.

A toda mi familia, que han sido siempre un apoyo constante y que son una bendición para mi vida.

## RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es proponer el hormigón pulido en residencias, comercios e industrias como terminado final de piso.

Como objetivos específicos, se describirá el proceso constructivo que tiene el hormigón en residencias, comercios e industrias; se analizará las características y propiedades que tiene el hormigón como piso final y por último se detallará el proceso paso a paso que se cumple para llegar al hormigón pulido.

En el desarrollo mismo del trabajo se presenta una breve historia del hormigón a lo largo de las décadas; continuando con la unión del acero con el hormigón (hormigón armado), los componentes del hormigón (cemento, áridos y agua). Una explicación breve de vigas, juntas de dilatación y el desarrollo de la construcción de losas y contrapisos, sus características y propiedades.

Por último se realiza la explicación detallada de los pasos para llegar al hormigón pulido (limpieza, pulido a máquina con discos de diamante del # 40 y 80, aplicación de sellador, pulido con discos # 150, discos de resina #100, 200,400, 800,1500 y 3000, de acuerdo al requerimiento del piso); que es el objeto primordial del trabajo.

Las ventajas del hormigón pulido son muchas, dentro de las cuales anotamos, que es un proceso rápido y fácil, de costo bajo, con muchas facilidades a la hora de mantenimiento o reparación.

Las recomendaciones, se producen a la hora de realizar la construcción del hormigón armado en contrapisos y losas, tomando en cuenta las características de usos que se le va a dar, temperaturas a las que va a estar expuesto; las juntas realizadas correctamente, la cantidad adecuada de agua en el hormigón, etc.; son algunas de las acotaciones para que el hormigón pulido como tal tenga un mejor aspecto a la hora del terminado.

## **ABSTRACT**

The overall objective of this work is to propose polished concrete for residences, businesses and industries as a final finished floor.

Specific objectives, we are going to describe the constructive process that has the concrete in residences, businesses and different types of industries; some of the characteristics of the final concrete floor process will be describe and discuss, and as final step, the whole process step by step it's been detailed to achieve the polished concrete.

In the developing work itself, it presents a brief history of concrete over the decades; continuing with the binding of steel with concrete (reinforced concrete), concrete components (cement aggregates and water).

A brief explanation of beams, expansion joints and the development of building slabs and subfloors, its characteristics and properties.

Finally a detailed explanation of the steps to reach polished concrete (cleaning, machine polishing with diamond discs of # 40 and 80, sealant application, polishing discs # 150, resin discs # 100, 200.400, 800 , 1500 and 3000, according to the requirement of the floor); which is the primary object of the work.

The advantages of polished concrete are many, some of which are: quick and easy process, low costs, and with many options for maintenance or repair.

The recommendations were made when making the construction of the reinforced concrete in slabs and subfloors, taking into consideration the use that will be given to the polished concrete, such as temperatures that will be exposed to, that the joints were made properly, the proper amount of water in the concrete, etc. This are some of the stage directions for a better-looking and good finished polished concrete floor.

# ÍNDICE

INTRODUCCION .....	1
Tema o Título del proyecto: .....	1
Antecedentes: .....	1
Formulación del Problema .....	2
Objetivos: .....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:.....	2
1 CAPITULO I. GENERALIDADES .....	3
1.1 Historia del Hormigón.....	3
1.1.1 Antes del Imperio Romano. ....	3
1.1.2 Época del Imperio Romano. ....	4
1.1.3 La época del olvido.....	4
1.1.4 Milenio entre el Imperio Romano y la aparición del hormigón armado.....	4
1.1.5 Unión de hormigón y acero: El hormigón armado.....	5
1.2 Componentes del Hormigón. ....	9
1.2.1 Cemento portland .....	9
1.2.2 Otros cementos .....	11
1.3 Áridos .....	12
1.3.1 Acopio de áridos de tamaño .....	12
1.3.2 Los áridos .....	14
1.4 Agua .....	14
1.5 Otros componentes minoritarios .....	15
1.6 Que es el Hormigón.....	16
1.7 Que es el Hormigón Armado. ....	18
1.7.1 Antecedentes Históricos .....	18
1.7.2 Viga o losa simplemente apoyada.....	20
1.7.3 Viga o losa en voladizo.....	23



1.7.4	Viga o losa empotrada.....	25
1.7.5	Viga o losa continua.....	25
1.8	PRESCRIPCIONES GENERALES.....	27
1.9	JUNTAS DE DILATACION.....	30
<b>2</b>	<b>CAPITULO II HORMIGON EN LOSAS Y CONTRAPISOS.....</b>	<b>34</b>
2.1	Definición de Losa.....	34
2.2	Definición de Contrapiso.....	34
2.3	Descripción de hormigón en losas requerido para pulido de Hormigón.....	35
2.4	Descripción de hormigón en contrapisos requeridos para Pulido de hormigón.....	37
2.5	Características del hormigón en losas y contrapisos.....	37
2.6	Propiedades del hormigón en losas y contrapisos.....	39
<b>3</b>	<b>CAPITULO III PROCESO CONSTRUCTIVO DE HORMIGONES.....</b>	<b>42</b>
3.1	Descripción proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos residenciales.....	42
3.2	Descripción proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos comerciales.....	48
3.3	Descripción del proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos industriales.....	48
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV PROCESO DEL HORMIGON PULIDO.....</b>	<b>49</b>
4.1	Solución para pisos no aptos para el pulido.....	49
4.2	Recepción del piso de hormigón.....	49
4.3	Limpieza.....	50
4.4	Vitrificado.....	51
4.5	Aditivos.....	51

4.6 Durabilidad.....	51
4.7 Ventajas y Desventajas.....	53
4.8 Especificaciones Técnicas.....	55
4.9 Juntas.....	55
4.10 Análisis de costos y tiempos; cuadro comparativo con otros materiales.....	57
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Viga o losa simplemente apoyada. ....	20
Figura 2 Compresión y de Tracción de la losa .....	21
Figura 3 Colocación del acero en la losa.....	22
Figura 4 Viga y losa en voladizo .....	24
Figura 5 Acero en las vigas en voladizo .....	24
Figura 6 Viga y losa empotrada .....	25
Figura 7 Colocación de acero en viga y losa empotrada .....	25
Figura 8 Viga y losa continua.....	26
Figura 9 Acero en viga y losa continua .....	26
Figura 10 Terminación del acero en losas .....	27
Figura 11 Longitudes de solape del acero en losas.....	28
Figura 12 Amarre con acero entre vigas.....	30
Figura 13 Amarre entre vigas y columnas.....	30
Figura 14 Colocación de cartón emblecado .....	32
Figura 15 Unión entre viga y columna con acero .....	33
Figura 16 Contrapisos.....	35
Figura 17 Losas de hormigón pulido .....	36
Figura 18 Puntales telescópicos .....	44
Figura 19 Puntales y encofrado de madera .....	44
Figura 20 Colación de las tuberías para sistemas .....	45
Figura 21 Curado de la losa.....	46
Figura 22 Limpieza del piso pulido .....	50
Figura 23 Pisos pulidos en aeropuertos.....	52
Figura 24 Pisos pulidos en parqueaderos .....	52
Figura 25 Pisos pulidos en oficinas .....	53
Figura 26 Amasado con paleta metálica para un piso pulido.....	55
Figura 27 Colocación de las juntas para eliminación de grietas.....	56

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sustancias perjudiciales que podían contener los áridos .....	14
Tabla 2 Resistencia del hormigón.....	23
Tabla 3 Características del hormigón en losas.....	39
Tabla 4 El tamaño máximo del árido grueso será: .....	40
Tabla 5 Características del hormigón en contrapisos.....	40
Tabla 6 El tamaño máximo del árido grueso será: .....	41
Tabla 7 Comparación entre Pisos Pulidos y otros .....	58

## INTRODUCCION

### **Tema o Título del proyecto:**

Desarrollo de una Propuesta para el uso adecuado de Hormigón Pulido en residencias, comercios e industrias.

### **Antecedentes:**

Desde la Antigua Grecia hasta principios del siglo XVII, se emplearon diferentes tipos de mezclas con el fin de unir los distintos mampuestos utilizados para levantar edificaciones.

Es así que alrededor del año 1824 Joseph Aspdin y James Parker, presentaron lo que hoy conocemos como "Cemento Portland", el cual se obtiene a través de caliza arcillosa y carbón, los cuales son sometidos a altas temperaturas, para su obtención.

La mezcla de cemento portland con arena, grava y agua, es lo que conocemos como hormigón o concreto, el cual por sus características soporta fuerzas de compresión pero es frágil y se fisura si es sometido a torsión, tracción flexión o cortante, por lo que es indispensable el uso de varillas metálicas para soportar los esfuerzos mencionados y lo que actualmente conocemos como hormigón armado utilizado en obras de ingeniería alrededor del planeta.

Las losas y contra pisos en sus variadas maneras, constituyen el soporte de los pisos, los cuales pueden ser de: cerámica, porcelanato, vinil, maderas, aglomerados, etc., de acuerdo a nuestros gustos y necesidades.

Los recubrimientos que se deben dar como terminado al concreto se descontinúan en sus formatos, colores, tamaños, etc., y existirá dificultad en conseguir el mismo tipo al momento en que se dañan por alguna razón.

Los motivos antes mencionados nos llevarán a proponer la utilización del Pulido de Hormigón o Concreto, éste podría ser utilizado en residencias, comercios e industrias.

### **Formulación del Problema**

De acuerdo a lo comentado en el numeral anterior los recubrimientos que se podrían dar al hormigón o concreto serían: cerámicas, porcelanatos, vinil, maderas, aglomerados, etc. Cada uno de ellos presenta dificultades a la hora de ser reemplazados en el caso de daño.

Uno de los motivos por los cuales no es difícil conseguir el mismo tipo de recubrimiento a la hora de buscar reemplazo por daño o deterioro es que los distribuidores y más aún los fabricantes descontinúan su producción.

Lo que lleva como usuarios finales a tomar la decisión de colocar un recubrimiento diferente en el área afectada, con las penosas consecuencias estéticas y visuales; o por otro lado cambiar todo el revestimiento con molestias temporales.

### **Objetivos:**

#### **Objetivo General:**

Proponer el Hormigón Pulido en residencias, comercios e industrias, como terminado final de los pisos.

#### **Objetivos Específicos:**

- Describir el proceso constructivo de los hormigones utilizados en residencias, comercios e industrias.
- Analizar las propiedades y características que tiene el hormigón como terminado final.
- Explicar el proceso que se realiza para llegar al hormigón pulido.

## **1 CAPITULO I. GENERALIDADES**

### **1.1 Historia del Hormigón.**

#### **1.1.1 Antes del Imperio Romano.**

Cuando el hombre desea construir de forma duradera, procede a utilizar como materiales minerales estables; una solución así consiste en tomar una piedra o roca y tallarla, lo cual limita las dimensiones, a menos que se cobije en la misma roca (cavernas, centrales subterráneas...). Esto fue lo que hicieron nuestros antepasados en la prehistoria.

El autor (Simonnet, 2009) explica que ya en la época del Paleolítico y del Neolítico “la técnica de la construcción mejoró y el hombre comenzó a unir piedras por el método llamado de los muros de “mampostería en seco”, que consiste en la colocación de piedras en hileras horizontales procurando que su unión sea lo más homogénea posible, siempre y cuando lo permita la morfología de las propias piedras” (p.3), conformando muros sin el uso de ningún tipo de conglomerante, lo cual multiplica la aparición de gran cantidad de tensiones en las uniones entre piedras y provoca en muchos casos la rotura de las mismas.

Posteriormente se pasó a rellenar las capas entre piedras con un mortero cuya misión fundamental era la de repartir las cargas de una forma más equitativa. El conglomerante que se utilizó con mayor asiduidad durante esta época, fue una mezcla de arcilla apisonada con canto rodado.

El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia.

Con el establecimiento de las primeras civilizaciones conocidas durante la Edad Antigua, se descubren nuevos materiales a utilizar como conglomerantes en las construcciones realizadas durante las mismas.

De esta manera, en Mesopotamia, al principio, se utilizaron las breas de petróleo hasta la época en que los egipcios descubrieron la cal.

### **1.1.2 Época del Imperio Romano.**

Según (Simonnet, 2009) Durante el Imperio Romano “el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX”.(p.5) Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros).

Este mortero poseía unas propiedades físicas y mecánicas prácticamente idénticas a las que posee el hormigón utilizado en las construcciones erigidas en la actualidad, y era utilizado en la construcción de estructuras enormes que han probado ser muy duraderas con el paso de los siglos.

### **1.1.3 La época del olvido.**

Durante los años del declive del todopoderoso Imperio Romano disminuyó de manera estrepitosa y más que notable el uso del hormigón especialmente a partir del siglo III después de Cristo, el uso del hormigón como material portante de grandes cargas en las diferentes construcciones realizadas desde la fecha antes mencionada.

### **1.1.4 Milenio entre el Imperio Romano y la aparición del hormigón armado.**

Este es el periodo aproximado de tiempo transcurrido entre la gran era del hormigón acaecida durante el Imperio Romano y su descubrimiento moderno



por parte de John Smeaton, considerado uno de los padres de la ingeniería moderna.

De acuerdo con (Simonnet, 2009) Varios fueron los intentos fallidos de construir un faro sobre Eddystone, una roca sobresaliente en la bahía inglesa de Plymouth. “El fracaso en la ejecución de la mencionada construcción fue debido a que la roca era frecuentemente cubierta por las aguas y el mortero de cal era lavado de las juntas de albañilería”. (p.7)

Al ya mencionado Smeaton se le encargó, por parte de la Royal Society, la construcción definitiva del faro de Eddystone. Éste entendió rápidamente que la cal blanca comúnmente usada para el mortero era inferior en sus cualidades hidráulicas (propiedad de endurecer bajo el agua) a la cal gris, que contenía algunas impurezas de arcilla. Posteriormente observó que la Pozzelana tenía todavía unas cualidades hidráulicas superiores a las de la cal gris gracias a la combinación de sus componentes mayoritarios; óxido de calcio (cal) y silicato de aluminio (arcilla).

Ni que decir tiene que el uso de este tipo de mortero fue un gran descubrimiento en el ámbito de la ingeniería civil y el inicio de la era de lo que se podría denominar “El hormigón moderno”.

#### **1.1.5 Unión de hormigón y acero: El hormigón armado.**

De acuerdo con (Jiménez Montoya, 2010) los primeros paso “en el uso, de manera consciente, de la asociación hormigón y acero dando como resultado un heterogéneo material conocido en la actualidad como hormigón armado, se dieron a partir de la década de los 50 del siglo XIX.” (p.12)

Sin embargo, se tiene constancia de que durante la época del Imperio Romano y del Renacimiento, si bien de manera más práctica que consciente, se recurría de habitualmente a la utilización del recurso de reforzar la albañilería y el

hormigón con grampas de bronce o hierro cuando la tracción era excesiva, usando particularmente en arcos y bóvedas piezas de hierro en forma de U en la cara traccionada evitando así que se abriesen las juntas de los bloques de piedra. (Jiménez Montoya, 2010)

Ya durante el siglo XIX se realizan dos producciones más ornamentales que prácticas en las que se utiliza el hormigón reforzado con armadura. La primera son las Cajas de Flores y Jarrones para decoración de jardines obra de Monier, en Francia en 1850, mientras que la segunda es la Barca de Lambot presentada en la Exposición Universal de París en 1855.

Es también en este periodo cuando la idea de aumentar la resistencia a la flexión del hormigón armado colocando armaduras se le ocurrió simultáneamente a un cierto número de personas en Europa, según (Jiménez Montoya, 2010) esas personas patentaron esas ideas: “William B. Wilkinson en Inglaterra, 1854; y en Francia, Joseph Luis Lambot en 1855, François Coignet, en 1861, Joseph Monier, en 1867, y François Hennebique, en 1892. De entre todas las patentes enumeradas, merecen especial mención las François Coignet, Joseph Monier y François Hennebique respectivamente” (p.13).

François Coignet obtiene la primera patente de techos de hormigón con armadura formada por barras de hierro cruzado. Por su parte, Joseph Monier, considerado como uno de los precursores en el uso del hormigón armado, consigue la patente basada en sus jardineras, en el año 1867, y la aplicará a elementos constructivos tales como vigas, bóvedas o tubos. En lo que a François Hennebique se refiere, tres son las patentes que se le conceden, la primera, de 1892, es la de una viga en T, la segunda se trata de una losa de forjado aligerada y data de 1894, mientras que la tercera versa sobre pilotes prefabricados, y la obtuvo en el año 1898. Hennebique desarrolla con el conjunto de sus patentes un sistema integral de construcción, en el que plantea por primera vez un sistema completo, desde la cimentación hasta la cubierta, es decir, una forma constructiva autónoma.

Se acuerdo al autor (Jiménez Montoya, 2010) “hasta la mitad de la última década del Siglo XIX los trabajos realizados en hormigón armado eran realmente intuitivos y experimentales; tenían como base de cálculo la comparación con otros materiales y el sentido práctico del constructor, pero su técnica no estaba aún constituida ni normalizada en modo alguno”.(p.14)

Sin embargo, es a partir de este momento cuando aparecen los primeros estudios racionales en materia de hormigón armado. Los alemanes Bach y Johann Bauschinger, presentan en los años 1894 y 1895, respectivamente, una serie de trabajos consistentes en la publicación de un conjunto de experimentos realizados con probetas de hormigón en masa y con piezas dotadas de armaduras, en las que fijaron los coeficientes de elasticidad longitudinal de las piezas e introdujeron los conceptos de cuantías metálicas y relación de las deformaciones conjuntas.

Desde la concesión de las primeras patentes referidas a la técnica del hormigón armado a mediados del siglo XIX hasta los inicios del siglo XX, el cálculo, diseño y ejecución de obras y elementos de hormigón armado de mayor o menor índole anduvieron sus pasos sin normas que las constriñeran pero también sin reglamentaciones que las orientaran en lo que a cálculo, diseño y ejecución se refiere.

Las normalizaciones en materia de hormigón armado comenzaron a aparecer en diferentes naciones, de entre las que destacan de acuerdo con (Jiménez Montoya, 2010) “la de Suiza en 1903, la de Prusia (actual Alemania) en 1904, la de Francia en 1906, la del Reino Unido en 1907 y la de los Estados Unidos de América en 1910, a las cuales siguieron, por supuesto, las de muchos otros países en el mundo” (p.18).

Debe señalarse la anomalía de que España no disfrutó de su primera normativa de hormigón armado hasta el año 1939.

Desde principios del siglo XX, algunos ingenieros intentaron pre comprimir los elementos de hormigón, atravesándolo de parte a parte con barras de acero dulce trefilado, pretensándolo por la presión de una tuerca; pero estos ensayos no sufrieron más que reveses debido a la intervención de la fluencia y la retracción del hormigón: el acortamiento diferido del hormigón, sensiblemente igual al alargamiento inicial a que se sometían los cables, bastaba para anular la tracción del acero, desapareciendo el pretensado al cabo de algunos meses.

(Jiménez Montoya, 2010) asevera que es “al francés Eugenio Freysinnet (1879-1962), a quien se le debe el gran mérito de haber puesto a punto y desarrollado la tecnología del hormigón pretensado, obteniendo las principales patentes relativas a dicho campo de investigación en el año de 1928”.(p.19) Sin embargo, el pretensado no alcanzó su verdadero desarrollo práctico hasta después de la II Guerra Mundial (1939-1945), momento en el que se hace necesaria la reconstrucción de una ingente cantidad de edificios e infraestructuras en un corto espacio de tiempo.

Destacar la contribución realizada por parte del español Eduardo Torroja en el ámbito del hormigón pretensado, tanto por sus trabajos teóricos como por sus prestigiosas realizaciones. Prueba de su fama Mundial en este campo, es la fundación conjuntamente con Eugenio Freysinnet de la Federación Internacional del Hormigón Pretensado en el año 1952.

Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, la investigación en los diferentes ámbitos de utilización del hormigón armado, especialmente obra civil y arquitectura, ha avanzado a una velocidad realmente espectacular y vertiginosa, de hecho, se han producido importantes descubrimientos en el ámbito de la potenciación de determinadas características del material con la aparición de nuevos aditivos, y también se han conseguido con estos elementos puestas en obra del material en condiciones cada vez más extremas.

## **1.2 Componentes del Hormigón.**

El cemento es un producto que amasado con agua fraguan y endurecen formándose nuevos compuestos resultantes de reacciones de hidratación que son estables tanto al aire como sumergidos en agua.

(Caballero, 2008) Indica que “hay varios tipos de cementos. Las propiedades de cada uno de ellos están íntimamente asociadas a la composición química de sus componentes iniciales, que se expresa en forma de sus óxidos, y que según cuales sean formaran compuestos resultantes distintos en las reacciones de hidratación.” (p.37)

Cada tipo de cemento está indicado para unos usos determinados; también las condiciones ambientales determinan el tipo y clase del cemento afectando a la durabilidad de los hormigones. Los tipos y denominaciones de los cementos y sus componentes están normalizados y sujetos a estrictas condiciones.

El cemento se encuentra en polvo y la finura de su molido es determinante en sus propiedades conglomerantes, influyendo decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas de su fraguado y primer endurecimiento.

Al mezclarse con el agua los granos de cemento se hidratan sólo en una profundidad de 0,01 mm, por lo que si los granos fuesen muy gruesos el rendimiento de la hidratación sería pequeño al quedar en el interior un núcleo inerte. Sin embargo, una finura excesiva provoca una retracción y calor de hidratación elevados. Además, dado que las resistencias aumentan con la finura hay que llegar a una solución de compromiso, el cemento debe estar finamente molido, pero no en exceso.

### **1.2.1 Cemento portland**

Este se obtiene al calcinar a unos 1.500 °C mezclas preparadas artificialmente de calizas y arcillas. El producto resultante, llamado clinker, se muele

añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado, que suele ser piedra de yeso natural.

Esquema de un horno rotativo donde se mezcla y calcina la caliza y la arcilla para formar el clinker de cemento.

Clinker de cemento antes de su molienda.

Un clinker de cemento portland de tipo medio contiene:

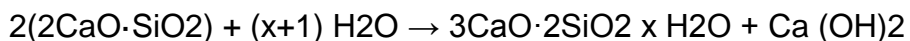
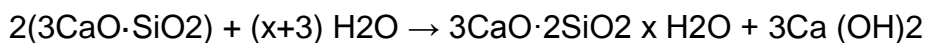
Silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )..... 40% a 50%

Silicato bicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )..... 20% a 30%

Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )..... 10% a 15%

Aluminato ferrito tetracálcico ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )... 5% a 10%

Las dos principales reacciones de hidratación, que originan el proceso de fraguado y endurecimiento son:



Cuadro de: (Caballero, 2008)

El silicato tricálcico es el compuesto activo por excelencia del cemento pues desarrolla una resistencia inicial elevada y un calor de hidratación también elevado. Fragua lentamente y tiene un endurecimiento bastante rápido. En los cementos de endurecimiento rápido y en los de alta resistencia aparece en una proporción superior a la habitual.

El silicato bicálcico es el que desarrolla en el cemento la resistencia a largo plazo, es lento en su fraguado y en su endurecimiento. Su estabilidad química es mayor que la del silicato tricálcico, por ello los cementos resistentes a los sulfatos llevan un alto contenido de silicato bicálcico.

El aluminato tricálcico es el compuesto que gobierna el fraguado y las resistencias a corto. Su estabilidad química es buena frente al agua de mar,

pero muy débil a los sulfatos. Al objeto de frenar la rápida reacción del aluminato tricálcico con el agua y regular el tiempo de fraguado del cemento se añade al clinker piedra de yeso.

El aluminato ferrito tetracálcico no participa en la resistencia mecánica, su presencia es necesaria por el aporte de fundentes de hierro en la fabricación del clinker.

### 1.2.2 Otros cementos

Para (Caballero, 2008) “Existen los llamados cementos portland con adiciones activas que además de los componentes principales de clinker y piedra de yeso, contienen uno de estos componentes adicionales hasta un 35% del peso del cemento: escoria siderúrgica, humo de sílice, puzolana natural, puzolana natural calcinada, ceniza volante silíceo, ceniza volante calcárea, esquistos calcinados o caliza”. (.p.39)

Los cementos de alta resistencia inicial, los resistentes a los sulfatos, los de bajo calor de hidratación o los blancos suelen ser portland especiales y para ellos se limitan o potencian alguno de los cuatro componentes básicos del clinker.

**El cemento siderúrgico** se obtiene por molturación conjunta de clinker de portland y regulador de fraguado en proporción de 5-64% con escoria siderúrgica en proporción de 36-95%. Constituye la familia de los cementos fríos. La escoria se obtiene enfriando bruscamente en agua la ganga fundida procedente de procesos siderúrgicos; en este enfriamiento la escoria se vitrifica y se vuelve activa hidráulicamente por su contenido en cal combinada. La escoria por si sola fragua y endurece lentamente, por lo que para acelerarlo se añade el clinker de portland.

**El cemento puzolánico** es una mezcla de clinker de portland y regulador de fraguado en proporción de 45-89% con puzolana en proporción del 11-55%. La puzolana natural tiene origen volcánico y aunque no posee propiedades conglomerantes contiene sílice y alúmina capaces de fijar la cal en presencia de agua formando compuestos con propiedades hidráulicas. La puzolana artificial tiene propiedades análogas y se encuentran en las cenizas volantes, la tierra de diatomeas o las arcillas activas.

**El cemento aluminoso** se obtiene por fusión de caliza y bauxita. El constituyente principal de este cemento es el aluminato mono cálcico.

### **1.3 Áridos**

#### **1.3.1 Acopio de áridos de tamaño**

6-10 mm para la fabricación de hormigón.

De acuerdo con (Caballero, 2008) “Los áridos deben poseer por lo menos la misma resistencia y durabilidad que se exija al hormigón. No se deben emplear calizas blandas, feldespatos, yesos, piritas o rocas friables o porosas. Para la durabilidad en medios agresivos serán mejores los áridos silíceos, los procedentes de la trituración de rocas volcánicas o los de calizas sanas y densas”. (p.42)

El árido que tiene mayor responsabilidad en el conjunto es la arena. Las mejores arenas son las de río, que normalmente son cuarzo puro, por lo que aseguran su resistencia y durabilidad.

Con áridos naturales rodados, los hormigones son más trabajables y requieren menos agua de amasado que los áridos de machaqueo, teniéndose además la garantía de que son piedras duras y limpias. Los áridos machacados procedentes de trituración, al tener más caras de fractura cuesta más ponerlos en obra, pero se traban mejor y se refleja en una mayor resistencia.



Si los áridos rodados están contaminados o mezclados con arcilla, es imprescindible lavarlos para eliminar la camisa que envuelve los granos y que disminuiría su adherencia a la pasta de hormigón. De igual manera los áridos de machaqueo suelen estar rodeados de polvo de machaqueo que supone un incremento de finos al hormigón, precisa más agua de amasado y darán menores resistencias por lo que suelen lavarse.

Los áridos que se emplean en hormigones se obtienen mezclando tres o cuatro grupos de distintos tamaños para alcanzar una granulometría óptima.

Para (Caballero, 2008) Tres factores intervienen en una granulometría adecuada: el tamaño máximo del árido, la compacidad y el contenido de granos finos. Cuando mayor sea el tamaño máximo del árido, menores serán las necesidades de cemento y de agua, pero el tamaño máximo viene limitado por las dimensiones mínimas del elemento a construir o por la separación entre armaduras, ya que esos huecos deben quedar rellenos por el hormigón y, por tanto, por los áridos de mayor tamaño.

En una mezcla de áridos una compacidad elevada es aquella que deja pocos huecos; se consigue con mezclas pobres en arenas y gran proporción de áridos gruesos, precisando poca agua de amasado; su gran dificultad es conseguir compactar el hormigón, pero si se dispone de medios suficientes para ello el resultado son hormigones muy resistentes. En cuanto al contenido de granos finos, estos hacen la mezcla más trabajable pero precisan más agua de amasado y de cemento.

En cada caso hay que encontrar una fórmula de compromiso teniendo en cuenta los distintos factores. Las parábolas de Fuller y de Bolomey dan dos familias de curvas granulométricas muy utilizadas para obtener adecuadas dosificaciones de áridos.

### 1.3.2 Los áridos

Las principales variaciones que se introducen están en la denominación y en el tamaño máximo del árido a utilizar en determinados casos. Los áridos se denominan de acuerdo con el formato:  $d/D$ , donde  $d$  representa el tamaño mínimo y  $D$  el tamaño máximo en milímetros.

Respecto al tamaño máximo de los áridos, las modificaciones introducidas son que éste debe ser menor:

- A 1,25 veces (antes 1,30) la distancia existente entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo no mayor de  $45^\circ$  con la dirección del hormigonado.
- A 0,4 veces (antes 0,5) el espesor mínimo de la losa superior de los forjados.

Tanto la EH-91 como la EP-93 establecían las cantidades máximas de sustancias perjudiciales que podían contener los áridos. LA EHE añade a la lista las siguientes limitaciones:

Tabla 1 Sustancias perjudiciales que podían contener los áridos

Sustancias perjudiciales añadidas	Cantidad máxima en % de peso total de la muestra	
	Árido fino	Árido grueso
Sulfatos solubles en ácidos, expresados en $SO_3^-$ y referidos al árido seco, determinados según el método de ensayo de la UNE EN 1744-1:98	0,80	0,80
Cloruros expresados en $Cl^-$ y referidos al árido seco, determinados según el ensayo de la UNE EN 1744-1:98, en hormigón armado o en masa con armaduras para reducir fisuración	0,05	0,05

Tomado:(Caballero, 2008)

### 1.4 Agua

El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que

no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo.

Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla. Sin embargo, una reducción excesiva de agua originaría una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra. Por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua.

Durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón se añade el agua de curado para evitar la desecación y mejorar la hidratación del cemento.

Ambas, el agua destinada al amasado, como la destinada al curado deben ser aptas para cumplir su función. El agua de curado es muy importante que sea apta pues puede afectar más negativamente a las reacciones químicas cuando se está endureciendo el hormigón. Normalmente el agua apta suele coincidir con la potable y están normalizados una serie de parámetros que debe cumplir. Así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ion cloro y los hidratos de carbono.

Cuando una masa es excesivamente fluida o muy seca hay peligro de que se produzca el fenómeno de la segregación (separación del hormigón en sus componentes: áridos, cemento y agua). Suele presentarse cuando se hormigona con caídas de material superiores a los 2 metros.

### **1.5 Otros componentes minoritarios**

Los componentes básicos del hormigón son cemento, agua y áridos; otros componentes minoritarios que se pueden incorporar son: adiciones, aditivos, fibras, cargas y pigmentos.

Pueden utilizarse como componentes del hormigón los aditivos y adiciones, siempre que mediante los oportunos ensayos, se justifique que la sustancia agregada en las proporciones y condiciones previstas produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón ni representar peligro para la durabilidad del hormigón ni para la corrosión de las armaduras.

Las adiciones son materiales inorgánicos que, finamente molidos, pueden ser añadidos al hormigón en el momento de su fabricación, con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle propiedades especiales.

Los aditivos son sustancias o productos que se incorporan al hormigón, antes o durante el amasado, produciendo la modificación de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento. La EHE establece una proporción no superior a los 5% del peso del cemento y otros condicionantes.

## **1.6 Que es el Hormigón.**

De acuerdo (Leonhardt, 1985) “el hormigón o concreto es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La mezcla de cemento con arena y agua se denomina mortero” (p.16)

Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que usa betún para realizar la mezcla. El cemento, mezclado con agua, se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose en un material de consistencia pétreo.

De acuerdo con (Leonhardt, 1985) La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene

buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado al acero, recibiendo el nombre de hormigón armado, comportándose en conjunto muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones. (P.17-19)

Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones, existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc.

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua.

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado.

Para conseguir propiedades especiales del hormigón (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad, etc.), se pueden añadir otros componentes como aditivos químicos, micro sílice, limallas de hierro, etc., o se pueden reemplazar sus componentes básicos por componentes con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, etc.

El hormigón ha alcanzado importancia como material estructural debido a que puede adaptarse fácilmente a una gran variedad de moldes, adquiriendo formas arbitrarias, de dimensiones variables, gracias a su consistencia plástica en estado fresco.

Al igual que las piedras naturales no deterioradas, el hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a sollicitaciones de tracción. Para aprovechar sus fortalezas y superar sus

limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón combinado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado.

## **1.7 Que es el Hormigón Armado.**

(Jiménez Montoya, 2010) “menciona que el hormigón es una mezcla de agregados (usualmente arena y grava o piedra triturada), agua y cemento”.  
(p.13)

Existe el concepto erróneo de que el cemento y el hormigón son la misma cosa. El cemento es un componente en forma de polvo que proporciona el pegamento para que los agregados se adhieran entre sí en una masa denominada HORMIGON.

El HORMIGON ELABORADO es aquel entregado al cliente como una mezcla en estado no endurecido (mezcla en estado fresco).

El hormigón elaborado es uno de los materiales de construcción más populares y versátiles, debido a la posibilidad de que sus propiedades sean adecuadas a las necesidades de las diferentes aplicaciones, así como su resistencia y durabilidad para soportar una amplia variedad de condiciones ambientales.

(Jiménez Montoya, 2010) Menciona que las mezclas de hormigón son diseñadas para obtener las propiedades requeridas para determinada aplicación. Deben tener la consistencia o el asentamiento correcto para facilitar la trabajabilidad y la colocación, así como una adecuada resistencia y durabilidad para soportar cargas, las condiciones ambientales que se anticipan y las condiciones de servicio.

### **1.7.1 Antecedentes Históricos**

(Simonnet, 2009) Menciona que en Francia tuvo su origen el hormigón armado. En 1854 el industrial Lambot descubre un interesante hecho, el aumento de

resistencia del hormigón al armarlo con hierro y construye la primera embarcación con estos materiales, que aún se conserva y se exhibe en el Parque de Miraval.

En 1861 el Ing. Coignet obtiene una patente ya para la ejecución de ciertas estructuras de hormigón armado. En 1867, J. Monier, obtiene también la patente para la construcción de cubos y tuberías con este material y consigue reducir notablemente los espesores de las estructuras, debido a la adecuada y razonable distribución de la armadura metálica.

En los años posteriores al 1875 el Ing. Hennebicq estudia científicamente este nuevo tipo de construcción y llega así a ejecutar obras de cierta importancia y magnitud.

(Simonnet, 2009) Menciona que “en 1884 una Empresa constructora de Alemania adquiere los derechos de la patente perfeccionada de Monier para aplicar el hormigón armado en ese país. Más o menos en esta misma época el Ing. Emperger de la Universidad de Viena se interesa por el hormigón armado y lo estudia, aplicándole las leyes y reglas de la Mecánica aplicada” (p.24) a las Construcciones llega así a fundar la actual teoría del cálculo, basándose además en los resultados de numerosísimos ensayos mecánicos de estructuras de hormigón armado. Con todo derecho se le llama "abuelo del hormigón armado

Paralelamente a los estudios e investigaciones de Emperger. Los profesores Mörsch y Probst, a su vez, contribuyeron eficazmente al estudio y perfeccionamiento de métodos de cálculo de este nuevo sistema de Construcción, llegando así estos investigadores y muy especialmente el ilustre profesor Dr. Ing. Marcus a formar una teoría científica para el cálculo del Hormigón Armado.

En E.E.U.U. en el año 1875 se inician los ensayos de aplicación de este nuevo material en las construcciones. En ese año Ward aplica, por primera vez, el hormigón armado en la construcción de entresijos, como también Hyatt en varias clases de estructuras. Pero recién en el año 1890 se generaliza y se adopta este sistema de construcción en las obras en general.

(Leonhardt, 1985) Afirma que una estructura de hormigón armado “está formada de hormigón (cemento portland, arena y pedregullo o canto rodado) y de una armadura metálica, que consta de hierros redondos, la que se coloca donde la estructura - debido a la carga que soporta - está expuesta a esfuerzos de *tracción*.” (p.9)

En cambio, se deja el hormigón solo, sin armadura metálica, donde este sufre esfuerzos de *compresión*. Tal disposición de los dos materiales (hormigón y hierro) está basado en el hecho de que el hormigón resiste de por sí muy bien a la compresión (hasta 50 Kg. por  $\text{cm}^2$ , siendo que el hierro presenta una gran resistencia a la tracción, de 1000 a 1200 Kg. por  $\text{cm}^2$ : y más).

### 1.7.2 Viga o losa simplemente apoyada.

Pieza prismática AB (fig. 1), sometida a una-carga P y asentada libremente sobre dos apoyos. Debido a la acción de la carga, la pieza flexiona, se deforma, se curva y toma la posición indicada t p con líneas punteadas.

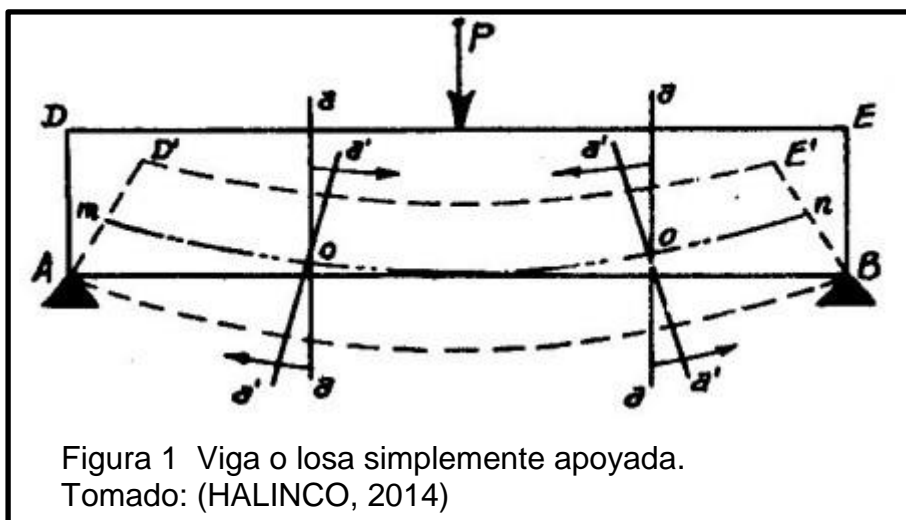


Figura 1 Viga o losa simplemente apoyada.  
Tomado: (HALINCO, 2014)

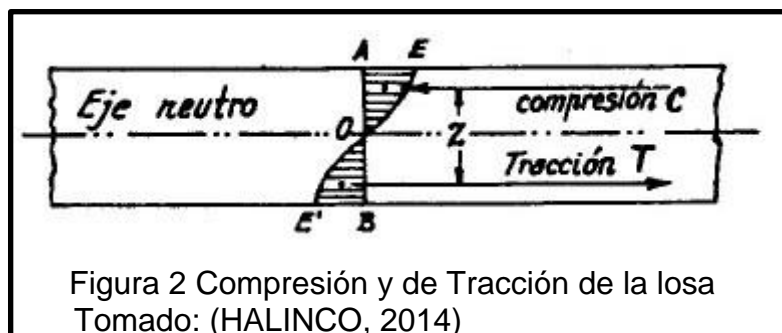


Observando la nueva posición de la pieza, se nota que su plano inferior AB sufrió un alargamiento y sus fibras resultan estiradas, debido a la *tracción* que se desarrolla en esa parte de la pieza.

En cambio, el plano superior DE se acortó. Sus fibras resultan comprimidas por desarrollarse ahí esfuerzos de *compresión*.

Si se toma una sección normal (a) se ve que la flexión originó su giro relativo y ella tomó la posición (a'), teniendo como centro de giro el punto (o) y la sucesión de estos puntos dará una línea (mn), llamada *eje neutro* -fibra neutra - exenta de tensiones, quedando así la pieza dividida en *dos zonas*, una superior, expuesta a la *compresión* y la otra inferior, sujeta a la *tracción*.

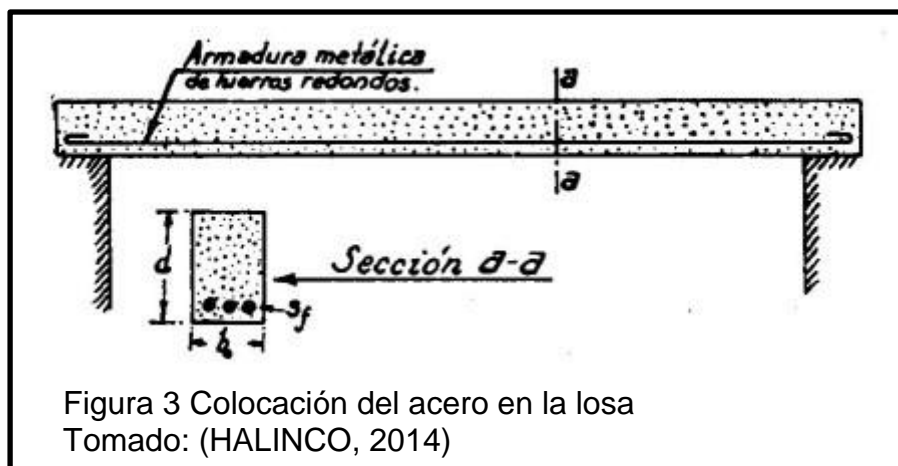
La recta AB (fig. 2) es la sección transversal de una pieza de hormigón. La línea EE' limita las tensiones (representada linealmente en escala) originadas en el material, bajo la acción de las fuerzas exteriores que actúan sobre la pieza. Las ordenadas de la línea EE', con respecto a la sección AB, son *proporcionales* a las intensidades de las compresiones y tracciones que se desarrollan en el material. Nótese que las ordenadas, representativas de las tensiones, van *aumentando* a medida que se alejan del eje neutro y resultan proporcionales a la distancia a tal eje. Las áreas AOE y BOE' son diagramas representativos de los esfuerzos de Compresión y de Tracción respectivamente, cuyas resultantes pasan por los centros de gravedad.



Para que haya *equilibrio*, ambas tensiones deben ser iguales entre sí ( $C = T$ ) y, como son paralelas y de sentido contrario, forman una cupla cuyo brazo de palanca es ( $z$ ) - *brazo elástico*.

Las tensiones de compresión van disminuyendo gradualmente desde la arista superior - donde ellas son *máximas*, - hasta el eje neutro, donde se anulan. Las de viga o losa, tensiones de tracción van aumentando gradualmente desde el eje neutro hasta la arista inferior, donde ellas son máximas.

Si se construye la pieza de hormigón solamente, esta se agrietaría en su cara inferior y hasta se rompería por causa de los esfuerzos de *tracción*, - por el hecho de que el hormigón opone una resistencia insignificante a esta clase de esfuerzos. Para evitar tales grietas o rotura se colocan, en la parte inferior de la pieza, barras redondas de hierro, cuya misión es contrarrestar y absorber estos esfuerzos de tracción. En cambio, en la parte superior, donde se, originan solamente tensiones de compresión, no se colocan hierros, ya que el hormigón ofrece una resistencia muy considerable a la compresión.



La viga o losa quedaría construida en la forma indicada en la fig. 3 y así formaremos una pieza rígida, en la cual las tensiones de compresión serán absorbidas por el hormigón y las de tracción por la armadura metálica.

A medida que esta última va aumentando en su cuantía, la resistencia unitaria global del hormigón armado va creciendo aproximadamente en la siguiente forma:

Tabla 2 Resistencia del hormigón

<b>Cuantía de la armadura metálica c =</b>	0%	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5%
<b>Resistencia global del hormigón armado en Kg./ cm<sup>2</sup></b>	30	40	75	110	145	175	210

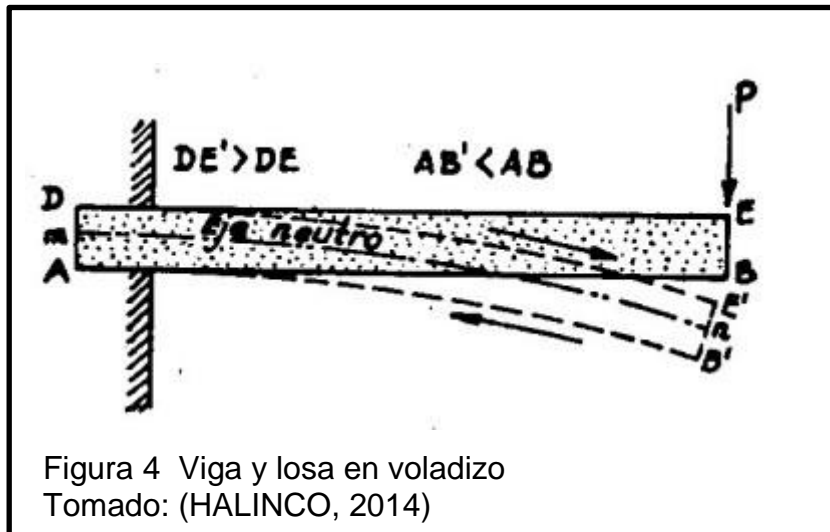
Tomado: (HALINCO, 2014)

El porcentaje de la armadura metálica o su cuantía (c) está expresado con respecto a la sección del prisma de hormigón.

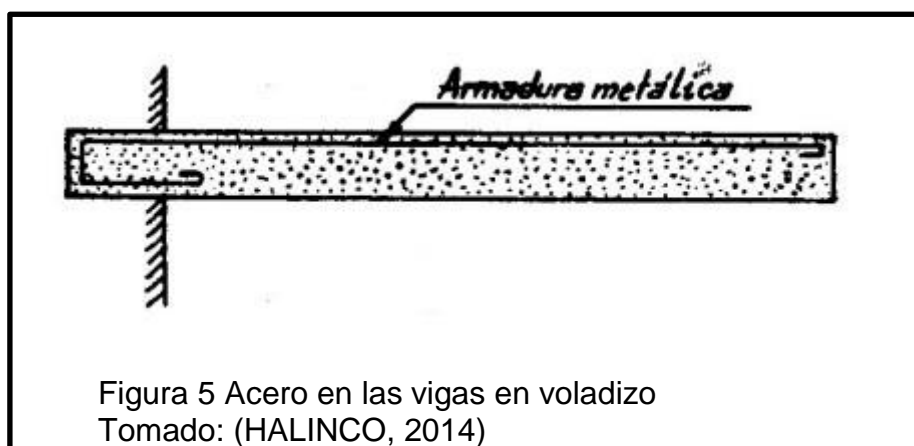
$$C = \frac{100 S_f}{b_o}$$

### 1.7.3 Viga o losa en voladizo.

Veamos ahora cómo se comporta una viga ABED *empotrada* en uno de sus extremos y libre en el otro y cargada con un peso P.



Bajo la acción de la carga la pieza posición  $AB'E'D$  observando la figura vemos, en este caso, que las fibras de la cara *superior* se irán alargando, por estar sometidas a tracción. Mientras que las fibras de la cara *inferior* se han acortado por la tensión de compresión. La viga quedaría construida en la forma en que se indica en la fig. 5, colocando la armadura metálica en la parte superior. El mismo criterio de construcción se aplica en la ejecución de losas en voladizo (balcón).



### 1.7.4 Viga o losa empotrada.

Caso de una viga o losa *empotrada* en sus ambas extremidades. Bajo la acción de la carga la pieza tomará la posición indicada con líneas punteadas. Observando esta nueva posición, vemos que en los apoyos se origina tracción en la zona *superior* AB y compresión en la zona inferior CD. (fig. 6).



En cuanto en el tramo de la viga o losa, se origina la compresión en la zona *superior* BB y tracción en la *inferior* DD. Recordando que la armadura metálica debe colocarse donde hay esfuerzos de tracción, esta pieza se construirá en la forma indicada en la Fig. 7.

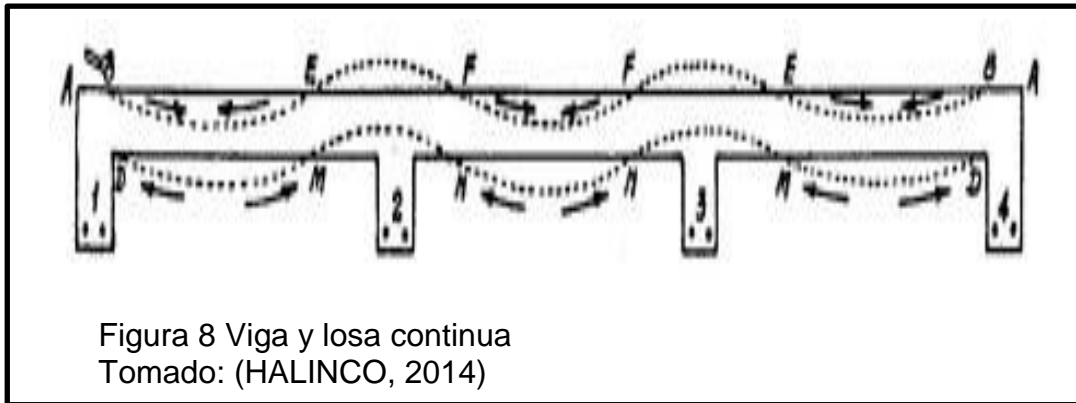


### 1.7.5 Viga o losa continua.

Es el caso de una viga o losa asentada sobre varios apoyos (más de dos): 1 - 2 - 3 - 4.

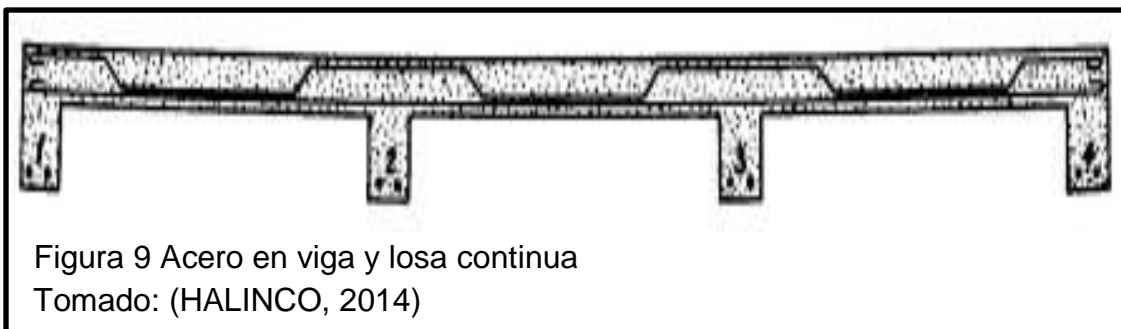
Bajo la acción de la carga, la viga o losa tomará la posición indicada con líneas punteadas (fig. 8) y observándola vemos: que sobre los apoyos, en las zonas

superiores AB y EF, se originan tensiones de tracción y en las zonas *inferiores* MN, tensiones de compresión.



En los tramos (entre los apoyos) se originan tensiones de compresión en las zonas *superiores* BE, FF, EB y de tracción en las zonas *inferiores* DM, NN y MD. Obsérvese la dirección de las flechas en el dibujo.

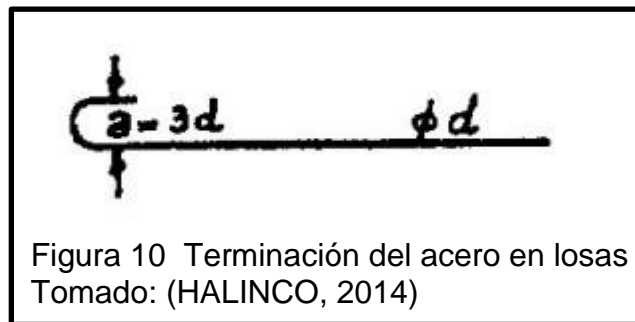
En esta viga o losa *continuas* la armadura metálica deberá colocarse en la forma indicada en la (fig. 9), con objeto de contrarrestar las tensiones de tracción.



## 1.8 PRESCRIPCIONES GENERALES

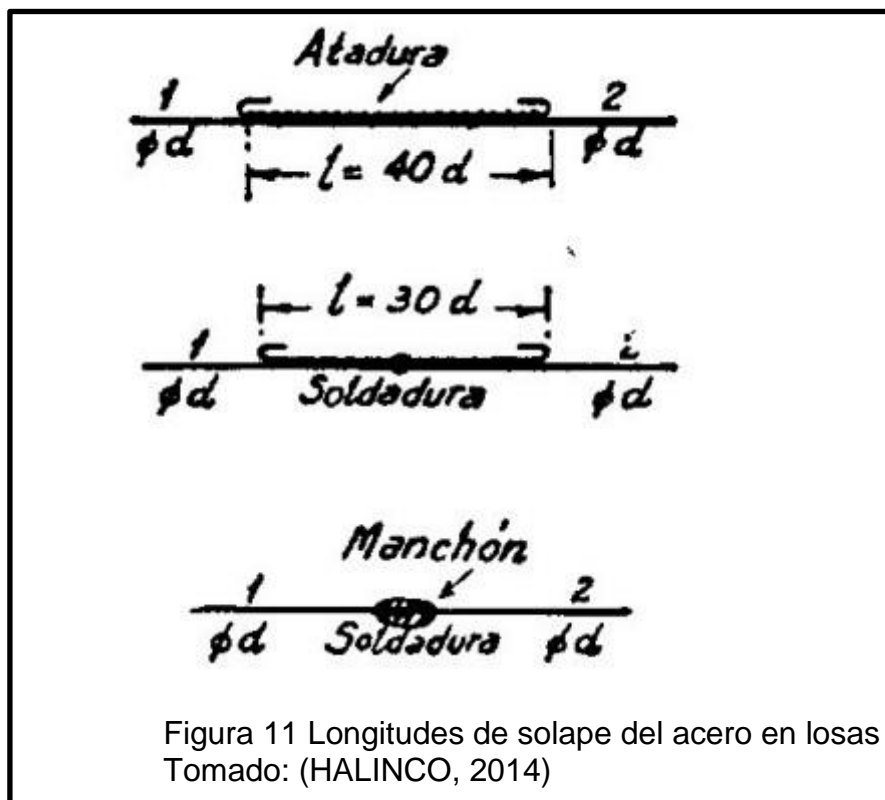
1º.- En resumen, en el hormigón armado se trata de que todos los esfuerzos de tracción sean absorbidos por la armadura metálica y los de compresión por el hormigón. El hierro queda sólidamente unido al hormigón, formando así una pieza solidaria, sin que se produzca resbalamiento de un material sobre el otro.

Esta sólida unión entre ambos materiales se debe a la adherencia entre el hierro y hormigón, cuyo valor es de 25 kg/cm<sup>2</sup> de superficie lateral del hierro. Pero, aun existiendo esta adherencia, es obligatorio doblar las extremidades de las barras en forma de gancho (fig. 10) para evitar un remoto escurrimiento de la armadura metálica dentro de la masa hormigón.



2º.- Si las barras son cortas y hay que unir dos para obtener el largo necesario, se procede a colocar las dos barras 1 y 2 (fig. 11) yuxtapuestas con sus correspondientes ganchos y se atan ambas con tres vueltas con alambre fino cocido. Esta unión se llama *empalme por atadura*. Se acostumbra también hacer la unión por medio de soldadura, autógena o eléctrica (*empalme por soldadura*), la que debe ejecutarse con todo esmero.

Una vez enfriada naturalmente, se doblará la barra - en la parte soldada - sobre un pivote de diámetro igual al doble de ella, para cerciorarse de la robustez de la soldadura.



Este tipo de unión llevará además una barra adicional soldada, de largo mayor de  $30 \varnothing$  con sus ganchos terminales, o en su defecto se hará un "manchón" de 6 a 8 cm., de largo sobre la unión (*soldadura "a uña"*). Suelen también hacerse empalmes por medio de tensores (manguito roscado con rosca en ambos sentidos).

Los empalmes de las barras en las vidas o losas deben hacerse siempre sobre los *apoyos*, o en su *inmediata cercanía*, y no habrá *más* que un empalme en *una misma sección* de la estructura sometida a tracción.

3°. - El hormigón armado es el material más indicado para las construcciones de puentes, alcantarillas, caminos, conductos para líquidos, tanques, muros de contención zapatas para fundación de muros y columnas para esqueletos de obras edilicias.

En este último caso, el inconveniente que presenta el hormigón armado son las dificultades y casi la imposibilidad de hacer una modificación en el edificio, lo que no sucede siendo el esqueleto puramente metálico.



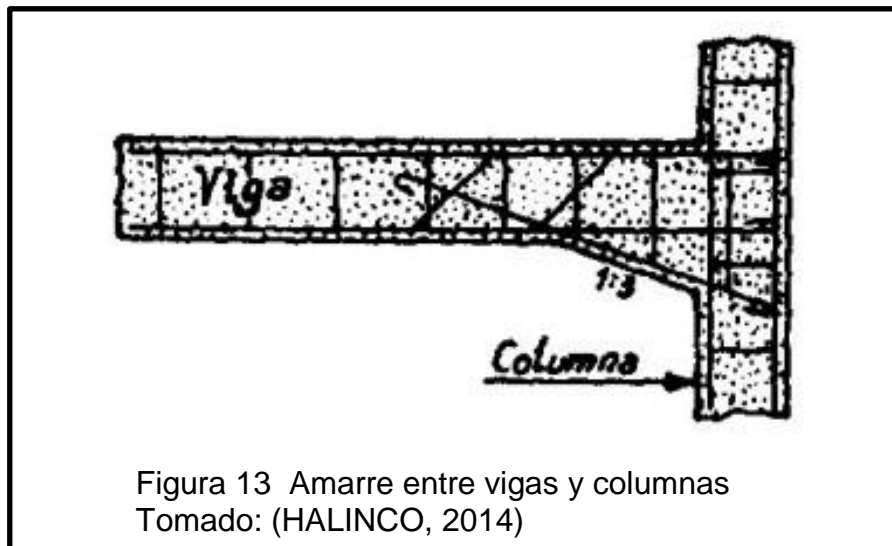
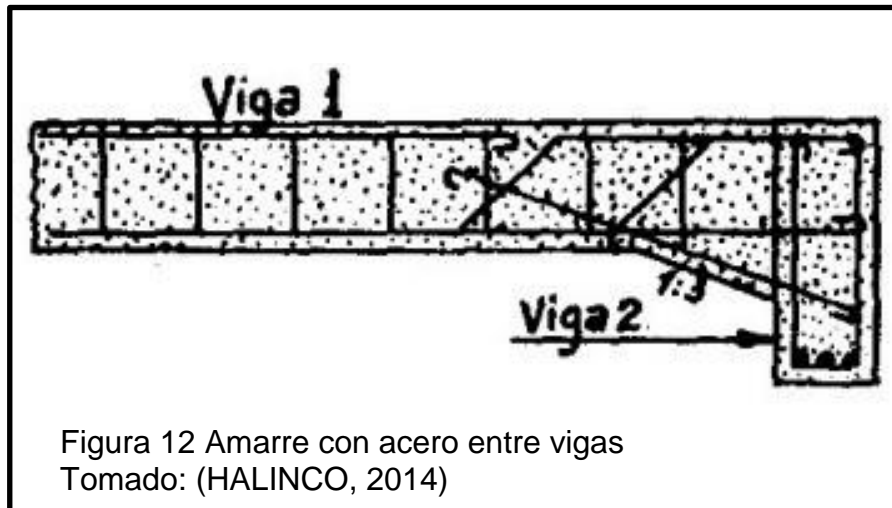
4°. - La construcción en hormigón armado *exige* una ejecución honrada de mucha atención en la preparación del hormigón, en la confección y colocación de las armaduras metálicas y en la preparación del encofrado. La vigilancia debe ser constante eficaz; operarios deben ser prácticos en el oficio.

5°.- A fin de obtener el máximo resultado de resistencia de los materiales empleados (hormigón y hierro), es absolutamente necesario tener el mayor cuidado de que las armaduras metálicas sean ejecutadas de *absoluto* acuerdo con lo indicado en el proyecto. Llenados los encofrarlos con el hormigón, es imposible comprobar luego la posición y el diámetro de las barras y es por esto, que se hace imprescindible una vigilancia rigurosa durante la preparación de la armadura metálica y su colocación en los encofrados.

6°- La demolición de obras de hormigón armado es costosa y el valor del material de la demolición es insignificante. Para demoler el hormigón armado se emplean: barrenos neumáticos para romper el hormigón y sopletes oxiacetilénicos para cortar el hierro.

7°.- En principio se *preferirán* barras de *menor* diámetro en *mayor* número para obtener mayor superficie de adherencia entre el hierro y el hormigón. Debe siempre procurarse que entre las barras haya *suficiente separación* para que pueda pasar el pedregullo del hormigón, evitándose así la formación de huecos (nidos). Tal separación debe ser como *mínimo* de 2 cm. y la mayor dimensión del pedregullo de 2,5 centímetros. Una piedra, atravesada entre dos barras, impediría que, el hormigón pasara entre las mismas, dando lugar a la formación de huecos en el interior de la estructura.

8°. - El *espacio mínimo libre* entre las barras y el encofrado (*recubrimiento*) debe ser de 2 a 3 centímetros para vigas y columnas y de 1,5 centímetros para losas con lo que se consigue que los hierros no queden nunca al descubierto, asegurándose así su conservación. Además, los hierros quedan así bien preservados de la acción del calor en caso de incendio.



9°. – En el hormigón armado es indispensable obtener una *unión* rígida de las diferentes estructuras entre sí. En estructuras puramente metálicas este resultado se obtiene por medio de enlaces costosos con chapas y remaches; mientras, que en el hormigón armado basta prolongar las barras de una estructura hasta el contacto o recubrimiento con las barras de la otra y el hormigón que las envuelve hace solidarias ambas. ~ (Fig. 12 y 13).

### 1.9 JUNTAS DE DILATACION

Las estructuras de hormigón armado en edificios, por ser estructuras monolíticas, no tienen libertad de movimiento en el sentido horizontal por carecer de apoyos móviles, como por ejemplo en puentes.

Este movimiento, debido a la dilatación en las vigas (tratándose de grandes luces), origina flexionamiento en las columnas susceptible de producir grietas perjudiciales y hasta cortadura. Si las columnas son muy rígidas, este movimiento se transmite a sus bases, haciéndolas girar.

Es de conveniencia prever "juntas de dilatación" de pocos milímetros de espesor que se rellenan con asfalto caliente, separando (cortando) la estructura, y la distancia entre ellas varia de 15 a 25 metros. Las losas para azoteas, que son más expuestas a la dilatación, deben asentarse libremente - en el sentido de la armadura resistente - sobre su apoyo final. Si tal apoyo es una pared, se hará una canaleta en todo el largo del asiento de la losa y para hormigonar se colocará sobre la pared un cartón emblecado, a fin de evitar la adherencia del hormigón a la mampostería (fig. I4).

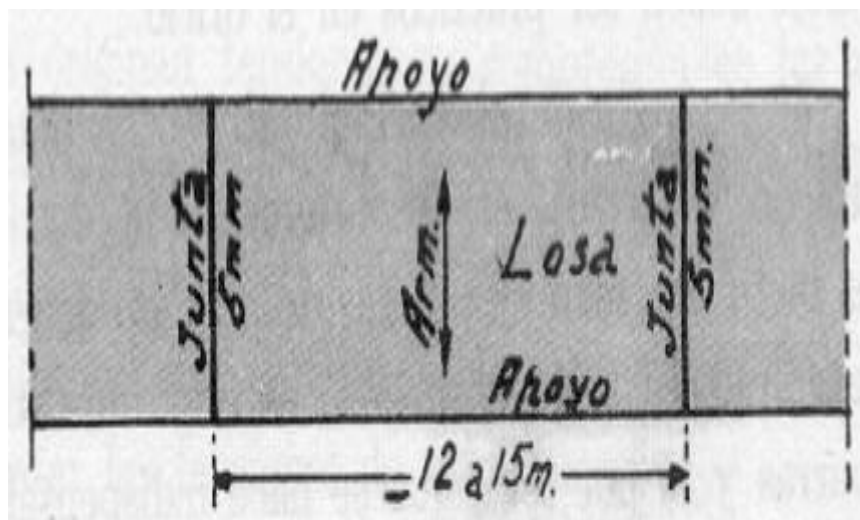
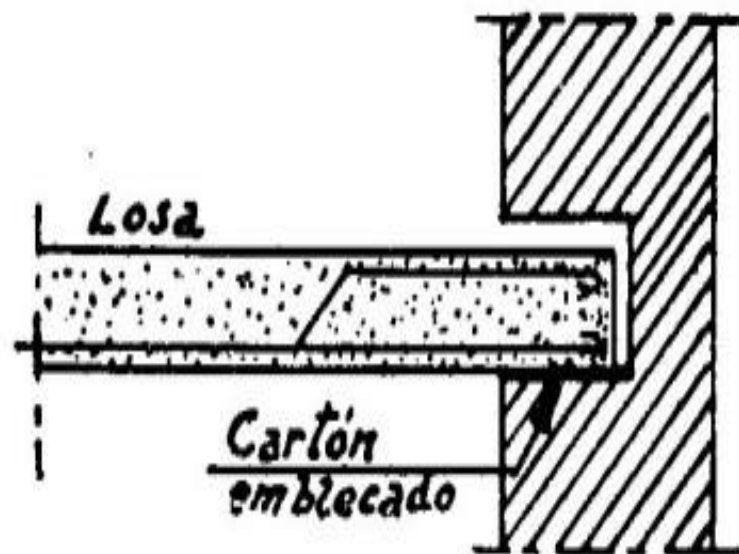
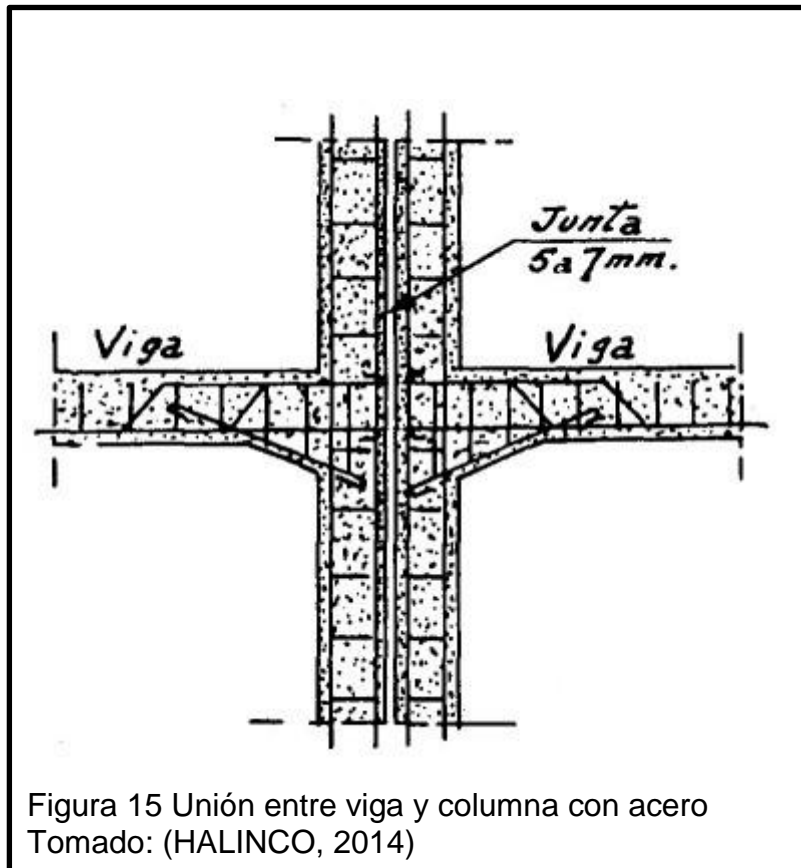


Figura 14 Colocación de cartón emblecado  
Tomado: (HALINCO, 2014)



Dicha canaleta tendrá dos centímetros más de profundidad que el extremo de la losa, para libre movimiento de ella. En el sentido normal, la losa llevará también juntas de dilatación cada 12 a 15 m. y para separar un paño del otro se colocarán tablitas delgadas de madera.

Una vez endurecido el hormigón, se retirarán las tablitas y las ranuras se rellenan con asfalto caliente (fig. 15).

Es muy variable la manera de disponer y construir las juntas de dilatación. Anotamos la junta más usual que consiste en una doble columna, asentándose las vigas sobre cada media columna. La base de ambas es común. (fig. 15).

## **2 CAPITULO II HORMIGON EN LOSAS Y CONTRAPISOS**

### **2.1 Definición de Losa.**

“Estructura plana horizontal de hormigón reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta. Llamada por el común de la gente, plancha. Elemento estructural fundido en hormigón reforzado comúnmente llamado plancha.” (Glosario, 2006)

La losa en la construcción es uno de los elementos más importantes en la edificación, es una estructura monolítica, formada por hormigón y acero, la cual es la que une todos los elementos estructurales, como vigas, columnas, otros. Nos define o delimita el comienzo y terminación de los pisos; dando soporte o albergando sobre ellos todos los demás sistemas, como hidráulicos, eléctricos, contra incendio, de comunicaciones.

### **2.2 Definición de Contrapiso.**

“El contrapiso comprende un sistema de hormigón ubicado entre el piso y la parte natural del terreno. El principal objetivo del mismo es proteger el material que se utilice como solado de grietas o posibles deterioros por el tránsito continuo en el suelo” (ARQHYS, 2015)

El contrapiso, como su nombre lo indica no es más que un pre piso que se coloca para separar la futura estructura de la capa vegetal o sobre una losa. Esto no significa que no sea monolítico, la diferencia del pre piso con la losa es la calidad del hormigón a utilizar. El contrapiso lleva en su estructura acero, cuando esta sobre capa vegetal, pero el hormigón a utilizar no es de gran resistencia, por eso se le denomina hormigón pobre; pero las funciones u objetivos del contrapiso, es empezar la construcción en piso nivelado, evitar el

paso de la humedad del suelo a la futura construcción, además para la nivelación de una losa para la colocación de pisos de cerámica.



### 2.3 Descripción de hormigón en losas requerido para pulido de Hormigón.

El piso de cemento pulido con losas de hormigón armado que se realizan o fabrican in-situ a pie de obra, se pueden utilizar endurecedores no metálicos; la terminación del alisado puede ser manual, mecánica o ambas dependiendo las dimensiones del mismo. Tiene un espesor de entre 3 y 5 cm., y se compone por un agregado grueso (blinder o piedra partida), un agregado fino (arena especial) y el ligante (cemento puro).

Es recomendado en el momento de realizar o fabricar el mismo, los paños no excedan los 4 metros cuadrados, debido a que por lo general el hormigón utilizado en estos pisos es al aire libre y los cambios ambientales son muchos y provocarían cambios irreversibles en la losa, como grietas, mala adherencia del hormigón, poros, rápido secado.

La mejor solución para que no ocurran grietas en el momento de verter el hormigón se coloca mallas electro-soldadas para así una mejor adherencia del mismo y evitar la mayor adversidad del hormigón que son las grietas.

El hormigón en losas requeridos para pulido, no sobrepasa una resistencia de 175 kg/cm<sup>2</sup>, su acabado será de 1 cm. con mezcla 1:2 de cemento y arena. Antes de aplicar la primera etapa se debe apisonar bien el material de relleno para una nivelación efectiva. Después de ser vertida la primera etapa de hormigón y ser aplanado se deja reposar unos 60 minutos para comenzar la segunda etapa que después de vertido se deja reposar 30 minutos para ser aplanado y ser llevado a los niveles según planos. El primer aplanado se realiza con paleta de madera y se culmina con paleta metálica para así lograr un pulido óptimo del mismo.

La superficie del piso recibirá una cantidad abundante de agua por 21 días continuos, para el fraguado correcto del hormigón vertido en el piso, la capa de agua no excederá e los 5 mm de espesor. Esta operación será dos veces al día.





## 2.4 Descripción de hormigón en contrapisos requeridos para Pulido de hormigón.

En los contrapisos sobre suelo natural se colocará una loseta de 8 centímetros de espesor, con armadura de hierro entramado de 8 milímetros cada 15 centímetros, hormigón de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con impermeabilizante, sobre una base de piedra basílica sellando las cavidades con material pétreo de granulometría menor y una capa superior de arena.

Cuando la superficie de los contrapisos requiera un acabado pulido, alisado, o escobillado fino debe hacerse de manera integral de acuerdo a las siguientes indicaciones:

La superficie deberá ser nivelada con maquinaria apropiada (alisador de hélice), inmediatamente después de la fundición antes que el hormigón haya perdido su plasticidad por efecto del fraguado, espolvoreando finalmente 2 kg de cemento puro cada metro y dejando el acabado superficial rugoso listo para recibir el recubrimiento del piso que los planos de detalle lo señalen. Para el caso de los subsuelos, se masillará con endurecedor de pisos.

## 2.5 Características del hormigón en losas y contrapisos.

### Hormigón en losas:

**Complementariedad mecánica de ambos materiales:** La mezcla de hormigón más el acero tienen complementariedad mecánica similar. Por el principio de Navier- Bernoulli podemos decir que las deformaciones del acero son similares a las del Hormigón que lo circunda, ya que, para fines prácticos, las secciones de la deformada siguen considerándose planas. El hormigón se encarga de la compresión de las cargas y el acero se encarga de tracción de las cargas.

**Casi Uniformidad de Coeficientes de Dilatación Térmica:** El concreto u hormigón es un material no muy bueno en cuanto a las fuerzas de tensión provocadas por la dilatación térmica, pero con los valores muy similares con un

valor de alrededor de  $11.0 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$  para el acero y de  $10.8 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$  para el concreto, nos posibilita a hacer grandes mezclas de hormigón armado sin que este se agriete.

**La adherencia que se desarrolla entre las varillas de acero y el concreto:**

Gracias a la adherencia entre el acero y los áridos del hormigón, nos permite hacer construcciones que sean monolíticas y se comporten como un solo objeto; y por ello la repartición de las cargas de tracción y compresión respectivamente.

**El confinamiento del concreto por el refuerzo transversal:**

El concreto queda confinado cuando los esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial, las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo y el concreto se apoya sobre el refuerzo transversal, el cual proporciona un apoyo pasivo que confina al concreto en el núcleo. Muchos investigadores (Richart, Iyengar, Bertero, Felippa y otros) han demostrado bajo distintos modelos que este confinamiento mejora considerablemente las características de esfuerzo deformación del concreto para grandes deformaciones del concreto.

**El Recubrimiento:** El recubrimiento de las varillas de acero tiene como finalidad fundamental proteger a las varillas de acero de la humedad y del ataque químico de otras sustancias corrosivas que se hallen presentes en el ambiente. No colabora directamente al confinamiento del núcleo, ya que el desconchamiento se produce generalmente cuando el concreto alcanza la resistencia de confinación, pero si ayuda en el desarrollo de la adherencia.

**Hormigón en contrapisos:**

Las características del hormigón para contrapisos es similar a las características para losa, a diferencia que él no posee acero o metal en su estructura, pero su complementariedad mecánica es únicamente para la compresión, nunca para la tracción. En resumen, el hormigón utilizado en

contrapisos es de menor resistencia, pero por lo demás usas las mismas características.

## 2.6 Propiedades del hormigón en losas y contrapisos.

El hormigón se clasifica en:

- Tipificación De Los Hormigones
- Características Físicas
- Características Mecánicas
- Características Geológicas

### Características del hormigón en losas:

- Es hormigón armado (hormigón más acero)
- Resistencia mayor o igual a 250 kg/cm<sup>2</sup> según proyecto
- La consistencia es plástica para una mejor maniobrabilidad
- El árido fino será con estas características:

Tabla 3 Características del hormigón en losas

Malla No.	% que Pasa
3/8	100
4	95 - 100
8	80 - 100
16	50 - 85
30	25 - 60
50	10 - 30
100	2 - 10

Tabla 4 El tamaño máximo del árido grueso será:

Tamiz que Pasa	%
1-1/2"	100
1"	95 a 100
1/2"	25 a 60
No 4	0 a 10
No 8	0 a 5

- Peso volumétrico fresco mayor a 2.2 ton/m<sup>3</sup> (hormigón corriente)
- Contracción por secado máx. 0.001
- Fraguado 28 días en condiciones normales
- El agua será preferiblemente potable y no contendrá: ácidos, álcalis fuertes, aceites, materias orgánicas, sales, cantidades apreciables de limos o cualquier otra sustancia que perjudique la buena calidad del concreto
- El hormigón es impermeable
- Dilatación térmica 0,01mm/m igual a la del acero
- Resistentes a la compresión y tracción

#### **Características del hormigón en contrapisos:**

- Puede ser de hormigón armado u hormigón en masa, según proyecto.
- Resistencia menor o igual a 175 kg/cm<sup>2</sup> según proyecto
- La consistencia es plástica para una mejor maniobrabilidad
- El árido fino será con estas características:

Tabla 5 Características del hormigón en contrapisos

Malla No.	% que Pasa
3/8	100
4	95 - 100
8	80 - 100
16	50 - 85
30	25 - 60
50	10 - 30
100	2 - 10

Tabla 6 El tamaño máximo del árido grueso será:

Tamiz que Pasa	%
2-1/2"	100
2"	95 a 100
1"	35 a 70
1/2	10 a 30
No. 4	0 a 5

- Peso volumétrico fresco entre 1400 a 1900 kg/m<sup>3</sup> (hormigón liviano)
- Resistencias a compresión de 7 a 100 kg/cm<sup>2</sup>
- Fraguado 28 días en condiciones normales
- El agua será preferiblemente potable y no contendrá: ácidos, álcalis fuertes, aceites, materias orgánicas, sales, cantidades apreciables de limos o cualquier otra sustancia que perjudique la buena calidad del concreto; se podrán emplear aguas que contengan menos del 1% en sulfatos.
- El Coeficiente de permeabilidad  $K = 1 \times 10^{-3}$  a  $1 \times 10^{-2}$  cm / seg

### 3 CAPITULO III PROCESO CONSTRUCTIVO DE HORMIGONES

#### 3.1 Descripción proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos residenciales.

La etapa constructiva de la losa es tan importante como todas las anteriores y su correcta realización va a garantizar que el funcionamiento sea el calculado para la cual fue diseñada.

Para la construcción de cada losa se debe tener y a mano los planos estructurales de la misma; siguiendo las indicaciones y las especificaciones que realiza el calculista; para una vez finalizada la obra se hayan obtenido las deseadas:

- Capacidad portante
- Solidez
- Capacidad de aislamiento acústico
- Capacidad de aislamiento térmico
- Resistencia al fuego
- Resistencia a las sacudidas sísmicas

#### **El proceso constructivo de una losa es:**

1. **Preparación del sitio de obra:** se debe tener un ambiente de trabajo limpio y libre de obstáculos tanto para las personas que trabajarán en la obra como para las maquinarias. Esto implica la deforestación de la zona, eliminación de capa vegetal en caso que sea una losa en planta baja.
2. **Preparación de los materiales, herramientas y maquinarias:** en el momento de iniciada la obra se deben tener todos los implementos que se van a utilizar, igualmente a disposición todos los materiales que se utilizarán en el proceso constructivo y las maquinarias listas para que no haya paralización en la obra.
3. **Apuntamiento y encofrado:** Se deben armar los encofrados para darle la forma a la losa y apuntalarlos adecuadamente de manera que resistan las

cargas durante la construcción hasta que el mismo alcance la resistencia propia de cada elemento.

- a. **El encofrado:** es la estructura que es la que da la forma a la losa en este caso y todos los objetos de obra, tantas columnas, vigas, etc. La función principal es la posible colocación correcta del acero, darle la forma al concreto y servirle de apoyo hasta que endurezca y tome la resistencia propia, está constituido por moldes y puntales que pueden ser de madera o metálicos.
- b. **Tableros de madera:** presentan la ventaja de que pueden ser cortados para llegar a la forma deseada, sin embargo, esto acarrea gran cantidad de desperdicios que no en ocasiones no pueden ser utilizados. Para alargar la vida de esta madera se debe limpiar y darle un tratamiento especial a la misma para que pueda ser utilizada en varias obras constructivas.
- c. **Encontrados metálicos:** los mismos son más duraderos, pero más costosos aunque presentan un desgaste mínimo comparado con los de madera, pero después de cada construcción también se les debe dar un tratamiento especial para ser eliminados todo lo ajeno al material para poder ser usados en otras construcciones.
- d. **Encofrados plásticos:** uno de los más usados, por su costo, manipulación por ser ligeros, su limpieza es más rápida de los demás; de todas formas, al finalizar la obra también deben ser limpiados y llevar su tratamiento para poder ser usados en otras obras.
- e. **Los puntales:** son los elementos que soportan al encofrado hasta que el concreto fragüe y llegue a tomar resistencia calculada. Los puntales pueden ser madera o de metal estos últimos serian extensibles logrando la altura deseada de acuerdo a la obra que se está ejecutando.



Figura 18 Puntales telescópicos  
Tomado: (Ates, 2015)



Figura 19 Puntales y encofrado de madera  
Tomado: (ALLBIZ, 2015)

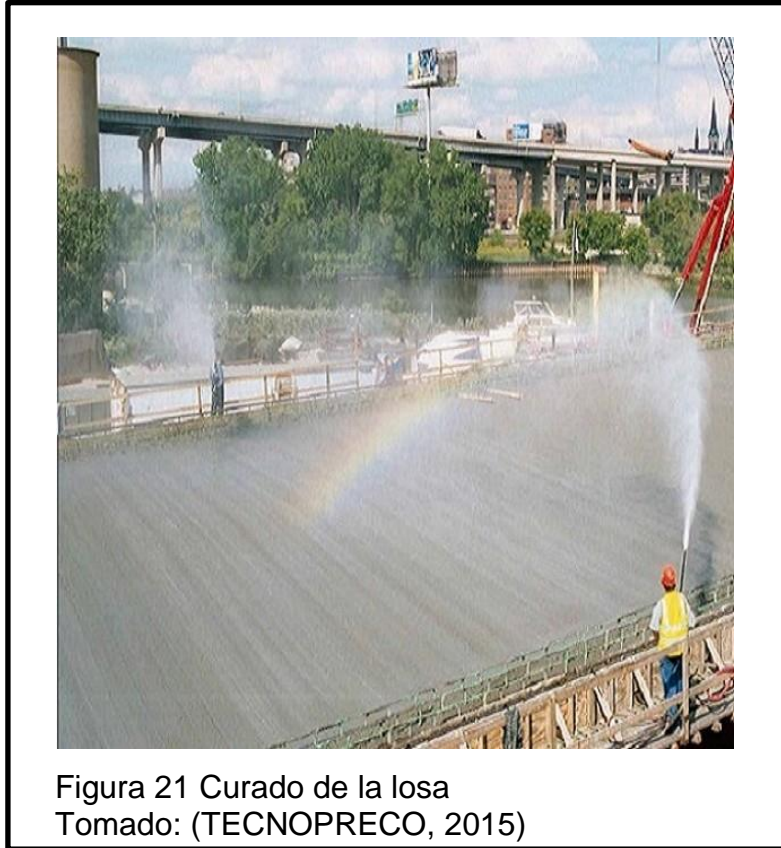


4. **Colocación del acero de refuerzo inferior:** después de haber colocado el encofrado y puntales se procede a la colocación del acero de refuerzo inferior o acero negativo, estos aceros deben estar bien fijados para que no haya movimiento en el momento de vertido el concreto.
5. **Colocación de las tuberías y conductos para instalaciones eléctricas e hidrosanitarias:** colocación según planos de las tuberías para posteriormente la electricidad e hidrosanitarias, estas tuberías también van amarradas en este caso al acero para evitar cualquier movimiento en el momento de la fundición de la losa.



6. **Colocación del acero de refuerzo superior:** Se coloca el acero superior con las mismas precauciones que el acero inferior, en caso de no llevar este acero de acuerdo a los planos y el calculista se coloca la malla electro-soldada.
7. **Vaciado:** después de haber hecho esto seis pasos anteriores se hace el vertido del hormigón se puede hacer en el lugar de la obra o se puede traer desde planta mezcladora.
8. **Curado del concreto:** el objetivo del curado es evitar la evaporación del agua de la mezcla, para evitar grietas de retracción. Para evitar esto se

debe humedecer por 7 días. El curado va proporcionar al clima donde se haga la losa, es relacionado con la humedad relativa, en lugares calurosos se humedece más que en lugares menos cálidos.



**9. Desapuntalamiento y desencofrado:** el desencofrado se puede iniciar en el momento de empezar el curado y paulatinamente de afuera hacia el interior de la losa, hasta llegar al total desencofrado a los 21 días después de vertido el hormigón.

**El proceso constructivo de un contrapiso es:**

- 1. Colocación del encofrado:** para la colocación del encofrado en un contrapiso los pasos son los siguientes:
  - a. se retira toda la capa vegetal donde se va a realizar el trabajo
  - b. cercar el contrapiso con tableros laterales de acuerdo a la altura por diseño del mismo.
  - c. El encofrado de los tablonos será asegurado con madera semidura y puntiaguda clavada al suelo y clavados entre sí.

- d. Nivelar todo el encofrado y definir el nivel terminado del contrapiso.
- e. Relleno de cascajo o material de relleno el lugar donde se fundirá el contrapiso y hacer la computación del mismo.
- f. Verificar el nivel de los rellenos compactados buscando uniformidad en el contrapiso y evitando los hundimientos.

## **2. Colocación del hormigón para contrapiso.**

- a. Se humedece el relleno compactado y se colocan las maestras de hormigón para poder llevar una línea de nivel en momento de verter el hormigón.
- b. Se espera que las maestras estén duras para así empezar a verter el concreto para hacer el contrapiso, siempre se comienza el vertido por la parte más alejada de la concretera o equipo que traiga el concreto si es de una planta.
- c. Se esparce y compacta el concreto utilizando la regla de aluminio o un tablón que este a nivel y a escuadra.
- d. Después de 30 minutos y se haya detenido la exudación del hormigón, con la paleta de madera se humedece y se comienza el alisado.
- e. Posterior al alisado se vierte agua sobre el contrapiso para evitar grietas del mismo y lo recomendable es por 7 días verter agua o taparlo con plástico en los momentos de mayor sol o calor para evitar la evaporación del agua.
- f. Si al contrapiso se le va a colocar un sobre piso se le debe barrar con un escobillón u otra herramienta para crear rugosidad para el momento de colocar el sobre piso brinde una adherencia adecuada.

## **3. Desencofrado:** el desencofrado es a las 14 horas de haber terminado de construir el contrapiso y se debe tener en cuenta:

- a. Se retiran los cuarterones de madera semidura, las cuales estaban clavadas al suelo y al encofrado.
- b. Con cuñas de madera dura se retira el encofrado cuidando mucho el borde o esquina del contrapiso.

**4. Curado:** mantener el agua en el contrapiso por 7 días continuos, y no retirar al plástico en momentos de mucho sol, ni tampoco retirar la arena humedecida. El agua se vierte 3 veces al día, mañana, al medio día y en la tarde.

**Nota:** si el contrapiso que se está fabricando de acuerdo a los planos llevara acero, se colocaría entre el paso 1 y 2 y cumpliendo las mismas normas que si fuera una losa de hormigón armado. Cuando los contrapisos son para interiores la terminación es paleta metálica y con colorantes no metálicos para hacer el terminado o decoración entregado en planos.

### **3.2 Descripción proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos comerciales.**

El proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos en centros comerciales es el mismo procedimiento que se utiliza en zonas residenciales dígame viviendas; hay que tener en cuenta los planos y cargas diseñadas para la edificación; pero el proceso constructivo es el mismo. En centros comerciales, las cargas permanentes serán mayores, las cargas temporales también serán mucho mayor, el armónico del caminar de las personas también será mayor, pero todo ello será indicado en plano y calculado en el momento de diseñar y posteriormente ejecutado en la obra para que cumpla con las normas de construcción de una edificación comercial.

### **3.3 Descripción del proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos industriales.**

El proceso constructivo de hormigones en losas y contrapisos en industrias también es similar al del sector residencia, solo tener en cuenta que el hormigón debe ser resistente a químicos, a mayor desgaste y otras cargas mayores pero todo ello es calculado y analizado antes de construir la losa o el contrapiso; pero el proceso de construcción es el mismo que los anteriores expuesto.

## **4 CAPITULO IV PROCESO DEL HORMIGON PULIDO**

### **4.1 Solución para pisos no aptos para el pulido**

En ocasiones nos encontramos con pisos en muy malas condiciones técnicas para poder pulido, generalmente sucede cuando una losa esta o ha sido cubierta por mucho tiempo por pisos flotantes, pisos de maderas o alfombras; estos pisos o losa armada en general están propenso a una humedad relativa superior a las normas, es por ello que cuando vamos a realizar este tipo de trabajos en estos pisos es necesario:

- retirar todo el material que era antes de piso
- dejar que el piso se seque completamente
- se barre el mismo para quitar todo tipo de suciedad y desecho del piso anterior
- se humedece el piso
- se vierte un mortero de hormigón reforzado con grava no mayor a 1cm y el espesor mínimo del contrapiso que se está vertiendo es de 5cm
- realizar los pasos para lograr un piso pulido correctamente en los epígrafes que continúan

### **4.2 Recepción del piso de hormigón.**

- Vertido del hormigón, cuyo tipo varía según especificaciones técnicas.
- Extendido del hormigón, en la superficie a pavimentar, para obtener el espesor deseado.
- Armado del hormigón, mediante mallado, para conseguir la respuesta deseada a solicitaciones mecánicas.
- Añadido de fibra de polipropileno, para evitar fisuras por retracción.
- Nivelado del hormigón, para dejarlo a nivel o crear pendientes.
- Vibrado del hormigón, mediante regla vibradora para conseguir una mezcla compacta.
- Añadido de endurecedores superficiales, para darle la dureza superficial deseada.
- Añadido de colorantes superficiales, para obtener el color deseado.

1. Pulido, mediante maquinaria especial, para conseguir la terminación deseada, una secuencia típica de manera regular es (Harris, 2010):
2. Utilización de diamantes de rugosidad grano #40
3. Utilización de diamantes de rugosidad grano #80
4. Aplicar sellador, endurecedor y densificador de silicato de litio para concreto
5. Utilización de diamantes de rugosidad grano #150
6. Aplicar abrasivos de resina con rugosidad desde 100/200, 400, 800, 1500 y 3000 según las condiciones del piso que se trabaja
7. Pulir a alta velocidad con una almohadilla impregnada de diamante

**Nota:** para todos los pasos, hasta la aplicación de abrasivos de resina, alternativamente se ejecuta una pasada de norte a sur del piso que se está puliendo y luego de este a oeste para minimizar las líneas de pulido.

### 4.3 Limpieza.

La limpieza del hormigón pulido es muy sencilla y muy rápida, solamente con abrillantadores y cera se logra una limpieza y un acabado como el primer día que se pulió el piso.



Figura 22 Limpieza del piso pulido  
Tomado: (IRIVERA, 2016)

#### **4.4 Vitrificado.**

El vitrificado es uno de los últimos pasos para el acabado del piso pulido, no es más que la utilización de ácido cristalizador y lana de acero no muy gruesa, la maquina pulidora que se utiliza hace el resto del trabajo, la combinación química de estos dos elementos y el accionar de la maquina pulidora hacer que el piso quede pulido, con brillo y vitrificado de acuerdo a las exigencias al cliente o en planos.

#### **4.5 Aditivos.**

El uso de aditivos en la construcción de pisos pulidos es válido y muy importante, ejemplo se utilizan aditivos para ralentizar el fraguado del mismo para poder tener una mejor maniobrabilidad del mismo en el momento del amasado y su terminación final, se recomienda Utilizar resinas mejora la característica de elasticidad en el pavimento reduciendo la cantidad de fisuras que puedan generarse, no es un aditivo pero si forma parte de la mezcla es la fibra de polipropileno (900 gramos por m<sup>3</sup> de cemento) para reducir la cantidad de grietas y fisuras mínimas.

#### **4.6 Durabilidad**

La durabilidad del piso pulido es mayor comparada con otros pisos ya que su base de fabricación es hormigón y no se astilla no se agrieta y con el proceso de pulido y los agregados para llegar a ellos le da una vida más larga. Es un piso como se comentó en la base de hormigón y esto nos da una mayor resistencia a cargas mayores a mayor trasiego de personas, ejemplo de ellos en centros comerciales, en industrias en almacenes o bodegas. Un piso pulido puede estar “hasta 6 meses sin hacerle ningún tipo de mantenimiento” (Vallbona, 2015) en condiciones máximas de explotación.



Figura 23 Pisos pulidos en aeropuertos  
Tomado: (Vallbona, 2015)



Figura 24 Pisos pulidos en parqueaderos  
Tomado: (Vallbona, 2015)





Figura 25 Pisos pulidos en oficinas  
Tomado: (Vallbona, 2015)

#### **4.7 Ventajas y Desventajas.**

Alguna de las muchas ventajas de utilizar este material en nuestra construcción:

- Obtén más seguridad – Al utilizar este tipo de pavimento, tienes acceso a un tratamiento especial que se le da a los pisos pulidos y cuya tecnología avanzada está diseñada para brindarle una contextura antideslizante. Evitar accidentes es vital en cualquier construcción, y el hormigón pulido te da esta ventaja.
- Los costos de mantenimiento más bajos – Cualquier tratamiento de limpieza aplicado a este tipo de piso cumplirá su objetivo de forma rápida y efectiva. Debido a que la superficie es densa y dura, no hay cabida para que se forme suciedad o haya grietas donde se esconda, así que limpiar tu pavimento será más fácil que nunca.

- Incrementa la luz ambiental – Como comentábamos antes, este tipo de pisos pueden acabar con una superficie altamente reflectante que esparcirá la luz del ambiente por todo el lugar. Esto hará el ambiente más agradable y puede ayudarte a reducir costos de energía.
- Durabilidad – El pavimento pulido es extremadamente durable ya que se integra directamente al concreto. No se astilla o genera grietas. Por ello frecuentemente es elegido para colocarse en lugares de trabajos industriales, ya que resiste mucho más peso, a diferencia de sus competidores que se rompen o dañan al mínimo exceso de peso.
- Se reduce el nivel de ruido, no quedan marcas y gran resistencia al desgaste

Podemos agregar que utilizar pavimento pulido puede tener una ventaja adicional muy interesante: Es posible que tu pavimento se vuelva más duro con el paso del tiempo. Si tú pules aún más tu pavimento pulido después de limpiarlo y utilizas algo llamado densificador de concreto, la superficie del piso se volverá incluso más densa, y tendrá mucha más resistencia ante manchas y derrames. Además, una vez instalado, no es necesario colocar cualquier otro tipo de revestimiento o sellador (a diferencia de otros pisos). Una vez que hayas instalado tu pavimento con hormigón pulido, no tendrás que reemplazarlo.

Alguna de las muchas desventajas de utilizar este material en nuestra construcción:

- El movimiento brusco de mesas, sillas u otro efecto que este sobre el pudiera ser rallado el piso, viendo por su brillo a simple vista esta acción negativa sobre él.
- En países o ciudades cálidas o frías el mismo no es aislante térmico por lo que transmitiría la sensación de la misma temperatura que está sometido.
- El brillo que tiene este piso se pierde con el tiempo no es duradero por lo que sería cada cierto tiempo volver a ser tratado mecánicamente para llegar a ponerlo como en sus orígenes.

#### 4.8 Especificaciones Técnicas.

Pisos de hormigón pulido son muy eficaces gracias a sus características técnicas, el piso pulido se recomienda que tenga un espesor mínimo de 6cm y máximo de 10cm según el uso que se vaya a aplicar y el lugar donde vaya a hacer, la resistencia no es muy variable oscila entre 100kg/cm<sup>2</sup> y 180 kg/cm<sup>2</sup> también va a acorde a la explotación que se le dará a ese piso y el lugar donde se vaya a colocar el piso.



Figura 26 Amasado con paleta metálica para un piso pulido  
Tomado: (Espada, 2014)

#### 4.9 Juntas.

Las juntas en el hormigón pulido nos brindan o nos dan la posibilidad de que no existan o disminuir los agrietamientos en el piso que se está construyendo por la dilatación y contracción del mismo. Se recomienda hacer juntas cada cinco metros, es decir se recomienda hacer cuadros que ocupen áreas entre 20 y 25 metros cuadrados; estas juntas garantizaran un espacio para que el piso pulido tenga espacio para las dilataciones y contracciones y el mismo se agriete en el proceso de curado y fraguado del mismo. En exteriores se recomienda cuadros de 4x4 metros e interiores 5x5 metros.

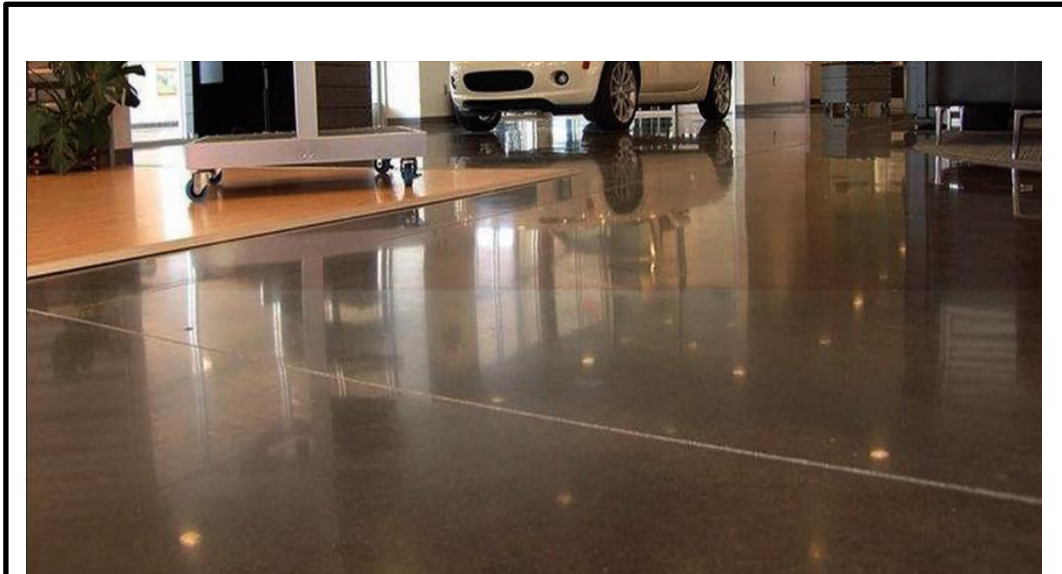


Figura 27 Colocación de las juntas para eliminación de grietas  
Tomado: (COMATT, 2016)

Existen principalmente tres tipos de juntas dependiendo su función, ubicación y condiciones en obra. Los tres tipos de juntas comúnmente utilizados en los pisos de concreto son:

- Juntas de aislamiento.
- Juntas de contracción (longitudinal y transversal).
- Juntas de construcción (longitudinal y transversal).

**Los tipos de juntas comúnmente utilizados en pisos industriales son**

(Institute, 2005):

1. Junta Transversal de Expansión/Aislamiento: Estas juntas son colocadas en donde se permita el movimiento de la losa sin dañar estructuras adyacentes (estructuras de drenaje, muros, etc.).

2. Junta Longitudinal de Contracción: Son las juntas longitudinales intermedias dentro del área o franja del piso que se esté colando y controlan el agrietamiento donde van a ser colados en una sola franja dos o más losas de concreto.

3. Juntas Transversales de Contracción: Son las juntas que son construidas transversalmente al sentido del colado y que son espaciadas para controlar el

agrietamiento provocado por los efectos de las contracciones como por los cambios de temperatura y de humedad.

4. Junta Longitudinal de Construcción: Estas juntas unen losas adyacentes cuando van a ser coladas las franjas o áreas en tiempos diferentes.

#### **4.10 Análisis de costos y tiempos; cuadro comparativo con otros materiales.**

El tiempo de realización o construcción de un piso pulido depende de varias variables o términos los cuales son:

- de la dureza del hormigón
- de lo hundido que este el árido
- de las condiciones de la obra (superficies diáfanos o con divisiones)

Buscando una norma constructiva el término medio podríamos establecer entre 70 o 100 m<sup>2</sup> por jornada.

El costo de un piso pulido es uno de los más baratos del mercado y como solución constructiva a los pisos, en ese precio se incluye hormigón, mallado, fibras de polipropileno. El hormigón necesario hay que cubicarlo, el precio medio por metro cubico es de 57 USD, si el espesor de la solera es de una media de 10 cm, con un metro cubico se construyen 10 metros cuadrados, por lo tanto el coste del hormigón por metro cuadrado suele rondar los 5.70 USD. Comparado con pisos cerámicos es más barato casi una mitad de lo que costaría una losa económica.

Tabla 7 Comparación entre Pisos Pulidos y otros

Tipo	Características	Superficie	Espesor	Juntas	Peso	Precio (USD/m <sup>2</sup> )	Ideal para:
<b>Micro-cemento</b>	Revestimiento continuo aplicado con llana	Paredes techos y suelos	2 - 3 mm.	No necesita juntas	0,01 Kn/m2	38.0	Reformas sin escombros, cubrir azulejos, revestimientos de muebles...
<b>Hormigón impreso o cemento impreso</b>	Tratamiento superficial de la losa de hormigón en estado plástico	Suelos	5 -10 cm	Como máximo cada 25 m2	(e=10 cm) 2,50 Kn/m2	17.90	Ideal para parques o paseos públicos. Con acabados rústicos simulando piedra.
<b>Hormigón fratasado o cemento alisado</b>	Tratamiento superficial de la losa de hormigón durante el proceso de fraguado	suelos	5 -10 cm	Como máximo cada 25 m2	(e=10 cm) 2,50 Kn/m2	14.50	Con acabado liso, ideal para parkings y grandes superficies
<b>Hormigón pulido o Cemento pulido</b>	<b>Tratamiento superficial de la losa de hormigón ya endurecido</b>	<b>Suelos</b>	<b>5 -10 cm</b>	<b>Como máximo cada 25 m2</b>	<b>(e=10 cm) 2,50 Kn/m2</b>	<b>9.70</b>	<b>Aspecto muy similar a un terrazo. Acabado liso, ideal para suelos de grandes superficies.</b>
<b>Mortero fratasado</b>	Revestimiento del alisado manual a un enfoscado	Paredes o suelos	2 cm	Como máximo cada 25 m2	(e=2 cm) 0,50 Kn/m2		
<b>Cerámica</b>	Revestimiento con juntas	Paredes techos y suelos	1cm	Tamaño de la cerámica		19.00	
<b>Flotante</b>	Revestimiento continuo	Suelos		De acuerdo al paño		16.00	

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los pisos pulidos en el siglo que vivimos son una solución práctica, económica y rápida a los problemas que no enfrentamos en cuanto a crisis internacional. Los pisos pulidos son mucho más baratos que las demás soluciones constructivas que se han utilizado en todos los tiempos. Esta solución constructiva nos brinda una rápida colocación y solución al suelo o piso de una vivienda, de un centro comercial, de bodegas e industrias; además los costos de fabricación son muy baratos en comparación con los demás y no por tener menor costo es de menor calidad todo lo contrario el piso pulido nos brinda con sus cualidades físicas y mecánicas un piso con durabilidad excelente, resistente a los químicos, resistente a la flexo-compresión, resistente al tránsito (peatonal y vehicular), resistente a altas y bajas temperaturas, anti deslizante. Todas estas características son las que nos lleva a la conclusión que el piso pulido es una solución idónea para la colocación y utilización del mismo en nuestras futuras construcciones; para lograr ello debemos también en cuenta las siguientes recomendaciones para un perfecto funcionamiento del mismo:

### 1. Evitar alabeo excesivo de piso

- Colocar las juntas con separaciones más pequeñas entre ellas
- Utilizar mezclas de concreto con muy bajo contenido de agua, es decir con bajo revenimiento y utilizar aditivos reductores de agua o superfluidificantes.
- Aumentar el tamaño máximo del agregado; se recomienda utilizar agregados de 38 mm.
- Dar un buen curado a la losa.
- No utilizar barreras de humedad.

### 2. Para evitar agrietamientos aleatorios no se debe realizar en estas condiciones

- Juntas realizadas tardíamente o sin la profundidad requerida.
- Juntas muy separadas entre sí.
- Inadecuados aislamientos de juntas en columnas, cimientos o paredes.

- Exceso de viento durante la construcción que causa grietas plásticas.
  - Un curado deficiente.
3. Para evitar el descaramiento revisar estas condiciones y ser diferentes a ellas
- Concreto de baja resistencia.
  - Revenimiento excesivo por mucho agua en el concreto.
  - Trabajar en exceso el concreto húmedo.
  - Operaciones de acabado cuando hay agua de sangrado en la superficie.
  - Curado inadecuado.



## REFERENCIAS

- ALLBIZ. (2015). *Puntales de madera*. Recuperado el 2016, de <http://www.ar.all.biz/puntales-de-madera-g127156#.Vw667IKxXIU>
- ARQHYS. (2015). *Contrapisos*. Recuperado el 2016, de <http://www.arqhys.com/arquitectura/contrapisos.html>
- Ates. (2015). *Puntales*. Recuperado el 2016, de [http://www.ates.es/equipamiento\\_construccion/producto/Puntales/6](http://www.ates.es/equipamiento_construccion/producto/Puntales/6)
- Caballero, M. (2008). *Componentes del hormigón. Carreteras*. Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera.
- COMATT. (2016). Pisos Pulidos. *CONSTRUCTORA COMATT*, pp 3.
- Espada, B. (2014). *Cemento Pulido*. Recuperado el 2016, de <http://espaciohogar.com/cemento-pulido/>
- Glosario. (9 de septiembre de 2006). Recuperado el 2016, de <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/losa-7223.html>
- HALINCO. (2014). *NOCIONES SOBRE EL HORMIGON ARMADO*. Recuperado el 2016, de [http://www.halinco.de/html/proy-es/tec\\_const/Horm-Armado/Hn-Ao-01.html](http://www.halinco.de/html/proy-es/tec_const/Horm-Armado/Hn-Ao-01.html)
- Harris, B. (2010). *Guide to Polished Concrete*. WOC .
- Institute, A. C. (2005). *ACI. Guide for Concrete Floor and Slab Construction, ACI 302.IR-96*. Michigan, E.U.
- IRIVERA. (2016). Recuperado el 2016, de ESTADO ACTUAL DE LOS PISOS: <http://constructoresrivera.com/pulido-de-pisos/>
- Jiménez Montoya, P. G. (2010). *Hormigón armado*. Ed. Gustavo Gi.
- Leonhardt, F. &. (1985). *Estructuras de hormigón armado*. Madrid: El Ateneo.
- Montoya, P. J. (2000). *Hormigón armad*. Santiago de Chile.
- SAC, E. d. (2015). *PUNTALES METALICOS PARA LA CONSTRUCCION*. Recuperado el 2016, de <http://www.anuncios.com.pe/puntales-metalicos-para-la-construccion-167169>
- Sanchez, I. N. (2015). *Losas de hormigon armado*. Recuperado el 2016, de [http://es.slideshare.net/bayardo\\_bhejarano/proceso-constructivo-de-losa-de-concreto-armado-21128027](http://es.slideshare.net/bayardo_bhejarano/proceso-constructivo-de-losa-de-concreto-armado-21128027)

- Simonnet, C. (2009). *Hormigón: Historia de un material*. Editorial NEREA.
- Sinha, S. (2015). *PISOS DE CEMENTO PULIDO*. Recuperado el 2016, de <http://www.arkigrafico.com/pisos-de-cemento-pulido/>
- TECNOPRECO. (2015). *Losas de homigón armado*. Recuperado el 2016, de <http://www.tecnopreco.com.bo/www/2016/03/09/la-importancia-del-curado-en-las-losas-de-hormigon/>
- Vallbona. (2015). *CONSEJOS PARA EL VITRIFICADO DE SUELOS*. Recuperado el 2016, de <http://www.limpiezaslavallbona.es/blog/30-consejos-para-el-vitrificado-de-suelos>