



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD EN
CIMENTACIONES DE VIVIENDA UNIFAMILIAR:
EL CASO DE UNA CASA EN SAN PABLO AUTOPAN**

REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

ALMA DOLORES RICO HERNÁNDEZ

ASESOR

DR. DAVID JOAQUÍN DELGADO HERNÁNDEZ

Toluca, México, junio de 2021

RESUMEN

Para que una edificación sea exitosa durante su vida útil, se busca que cumpla con estabilidad y ésta depende principalmente del cimiento sobre el que está construido. La cimentación de una edificación es la parte cuyo elemento estructural consiste en transmitir las cargas horizontales y verticales al terreno, procurando garantizar el equilibrio global del edificio. Sin embargo, se pueden presentar algunas patologías, que generalmente son una incompatibilidad de la cimentación con las características del terreno, por deficiencias o deterioro del elemento estructural de la cimentación o por insuficiencia de la capacidad de carga del terreno. Aunque también puede producirse por causas externas al propio edificio.

La impermeabilización de cimientos representa un trabajo relativamente sencillo y es necesario realizarlo durante la construcción de cualquier edificación, pero sobre todo es un concepto que se debe considerar durante el proyecto.

En este reporte se expone el uso directo del polietileno, como una membrana impermeabilizante, ya que es un polímero estable y eso facilita su utilización en los cimientos de una vivienda unifamiliar. Este método se utiliza cuando se presenta humedad capilar, que va de acuerdo al tipo de suelo, ya que la vivienda se ubica muy cerca de dos presas artificiales, provocando que todos los terrenos aledaños sufran el mismo tipo de problema.

Hay que tomar en cuenta que si se realiza una correcta impermeabilización el mantenimiento de una vivienda en un futuro no será tan costosa.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION	3
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	7
TIPOS DE HUMEDAD EN LAS VIVIENDAS	15
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	23
a) BARRERA FÍSICAS	
b) BARRERA QUÍMICA	
SOLUCIÓN IMPLEMENTADA	37
EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN	45
RECOMENDACIONES	48
CONCLUSIONES	
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	50
GLOSARIO	51
ANEXOS	52

INTRODUCCION

Planteamiento del problema

La importancia de impermeabilizar una cimentación es un punto básico para cualquier construcción. Es un apartado del cual no nos debemos limitar en costos, ya que una buena impermeabilización nos evitará muchos gastos y problemas en el futuro. Una entrada de agua o de humedad puede causar mucho más que unos deterioros estéticos, puede llegar a dañar gravemente la estructura de una casa, además de causar peligrosos problemas a la salud.

Se trata de una construcción de tipo vivienda unifamiliar que podemos encontrar en el barrio de Jesús primera sección, San Pablo Autopan, México, localizada a menos 100m de distancia de la presa San Jerónimo ubicado al lado del mercado de la colonia Aviación Autopan al oeste y la presa San Mateo ubicada al suroeste a menos de 120 m del terreno.

En las viviendas de los terrenos aledaños, se puede observar a simple vista los daños de la humedad en las partes bajas de los muros, tomando en cuenta que aún son terrenos de riego y la cercanía a dos presas artificiales (mismas que cuando es temporada de irrigación saturan el suelo) y el clima de templado a frio, son causas suficientes para determinar que por consecuencia con el paso del tiempo pueda existir humedad por capilaridad. Por lo tanto, hay un método que es muy conocido y utilizado, el uso de una membrana impermeabilizadora.

Para describir dicha patología y haber decidido la solución a implementar, es necesario tomar en cuenta los cursos impartidos en la licenciatura de Ingeniería Civil, tales como: Lenguaje gráfico, en la realización el plano de la vivienda; Geotecnia (primer y segundo curso) y Materiales para Ingeniería Civil, pues en ellas se describen los temas de permeabilidad y capilaridad del terreno sobre el cual se desplanta el cimientto de la vivienda, y Construcción del cual tome como referencia el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias para Cimentaciones 2017, así como investigación en diferentes fuentes de información citadas más adelante.

Justificación

El problema de la humedad provocada por el ascenso capilar provoca el deterioro de los muros, reduciendo las propiedades de aislamiento térmico de la vivienda y de los materiales de la construcción.

La eliminación de la humedad constituye uno de los principales problemas en el campo de la restauración y modernización de viviendas, los daños causados por la humedad se caracterizan por la presencia de salitre, hongos, fisuras en paredes, etc. Pero lo anterior es combatido tomando en consideración los avances tecnológicos sobre las impermeabilizaciones en la cimentación.

En este reporte describo dos tipos de barrera que ayudan a combatir la humedad por capilaridad ascendente:

1. Barreras físicas, que consisten básicamente en realzar desvío del flujo agua y de introducir un material impermeable o membrana no porosa que impida el paso de la humedad del suelo al cimiento.
2. Barreras químicas, se aplican mediante técnicas de repellado o aplanado con productos que contienen aditivos capaces de impedir el paso del flujo ascendente del agua freática que se encuentra en contacto directo con la cimentación.

Sin embargo el método a utilizar pertenece a las barreras físicas; se describe el uso de la membrana impermeabilizadora de polietileno, colocada entre la viga de cimentación y el muro de la estructura, es una solución que se puede emplear dada su composición química ya que puede permanecer muchos años enterrados sin degradarse, además de ser económica.

En este reporte no se discute el diseño de la cimentación, solo se recomendarán los aspectos básicos que mencionan las NTC 2017 para CIMENTACIONES.

Objetivo general

Reconocer las causas de la humedad por capilaridad que se observa en una vivienda. Y determinar si la aplicación de una membrana impermeabilizante de polietileno es suficiente para que controle el fenómeno de la humedad por capilaridad.

Metodología

De acuerdo al RCDF, lo primero es identificar el tipo de suelo y las condiciones de cimentación de las construcciones colindantes en cuanto a estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamientos del suelo, así como el diseño y la construcción de la cimentación del proyecto. Observando esas condiciones se hacen evidentes las huellas en las paredes que deja la presencia de humedad, el exceso de salitre y los daños causados a las construcciones.

También investigar si no se hace ningún daño a las obras subterráneas, para mi caso, la vivienda se localiza a 15m de la vía pública, por lo tanto, no existe ninguna causa probable de daños. Sino más bien, fue necesario realizar la introducción de los servicios de agua potable, drenaje y luz pública.

Antes de ejecutar la construcción de la vivienda, y una vez reconocido el tipo de suelo del lugar, se llevaron a cabo los trabajos preliminares, como delimitación del terreno, limpieza, deshierbe y abertura de cepas para la cimentación; se realizó la construcción de la cimentación y la colocación de la lámina impermeable de polietileno.

Por último, se realizó la obra completa de la vivienda.

Identificación del problema

Para definir el problema de humedad que se presenta en la cimentación de la vivienda, es necesario conocer los conceptos que dan forma y nos ayudan a elegir la mejor solución que se adecue para este tipo de patología.

Conocer cuáles son las influencias por las que se presenta el fenómeno de humedad, en opinión de investigadores, constituye una herramienta de trabajo novedosa, que aporta los criterios para una mejor planificación y control del proceso constructivo.

Los conceptos involucrados y analizados serán cimentación, mampostería y el tipo de patología que será humedad, la última por ser una consecuencia de una mala cimentación.

CIMENTACIÓN

La cimentación son los elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de la estructura a los estratos resistentes del terreno, con la finalidad de cumplir con la capacidad de carga y evitar hundimientos o el volteo provocado por la acción de las cargas horizontales.

De hecho en el libro de “Mecánica de suelos” de Lambe y Whitman, se menciona que *“cimentación es todo aquello cuyo comportamiento estudia el ingeniero con el fin de proporcionar un apoyo satisfactorio y económico a una estructura”* y esto es así, pues es nuestro deber es brindar seguridad a los usuarios, que puede pertenecer a cualquier sector (público o privado).

De acuerdo a las *NTC 2017 Cimentaciones*, los tipos de cimentaciones se deben determinar con la investigación del subsuelo, mediante exploración de campo y pruebas de laboratorio, también se deben de tomar en cuenta el tipo de construcción, ya sean ligeras o de medianas de poca extensión y con excavaciones someras (cimentaciones superficiales), o quizá, pesadas, extensas o con excavaciones profundas (cimentaciones profundas).

En general, se puede decir que existen dos tipos de cimentaciones a las cuales podemos clasificar en:

1. Cimentaciones superficiales

- a. Zapata aislada
- b. Zapata corrida
- c. Losa de cimentación

2. Cimentaciones profundas

- a. Muros pantalla
- b. Sustitución
- c. Flotación
- d. Pilotes

Sin embargo, las cimentaciones más comunes para viviendas unifamiliares, son del tipo superficial.

- a) **Zapata aislada.** Este tipo de cimiento recibe las descargas de las superestructuras por medio de las columnas, es decir, puntualmente, asignándose una zapata por columna en la base de ésta.

En la imagen 1, se muestra el detalle del armado de una zapata aislada.

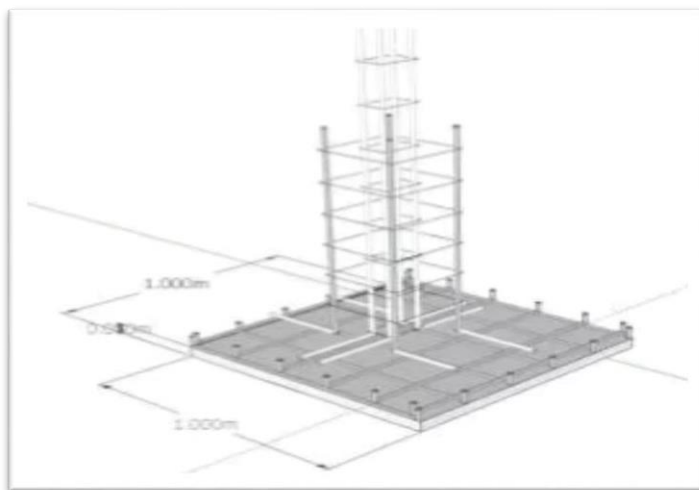


Imagen 1. ANGELO KENNEDY. (2018). ZAPATA AISLADA. 2020, de BIBLIOCAD Sitio web:

https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/zapata-}+++aislada_104864/

- b) **Zapata corrida.** Este tipo de cimiento recibe las descargas de la superestructura de manera lineal o puntual, siguiendo la distribución de ejes de columnas o muros. Esto quiere decir que es un apoyo continuo bajo los muros que da solidez y nos ayuda a formar una sola estructura, como se puede apreciar en la imagen 2.

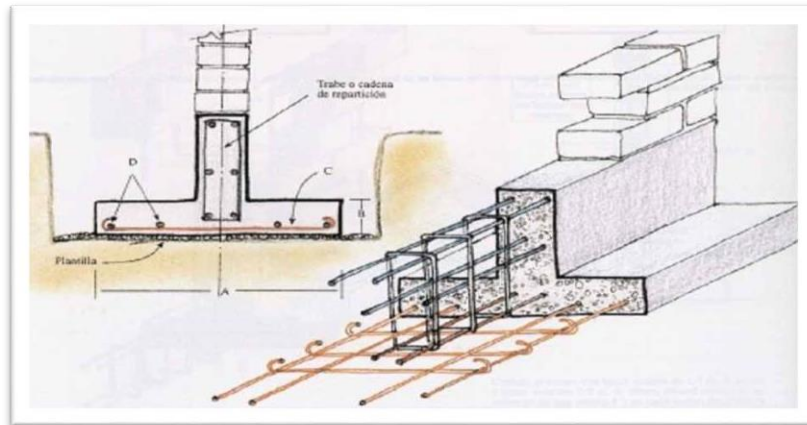


Imagen 2. Blog Constructor civil. (28 de mayo de 2012). Zapatas corridas de concreto armado - Detalles constructivos. Septiembre 2020, de Blog Constructor civil Sitio web: <https://www.elconstructorcivil.com/2012/05/zapatas-corridas-de-concreto-armado.html>

- c) **Losas de cimentación.** Cuando una estructura se va a desplantar en terrenos de baja resistencia (alta compresibilidad), y la descarga de la estructura no es demasiada grande se puede optar por una losa de cimentación que distribuya el peso de la estructura en toda el área de desplante de la construcción a través de las contratrabes.

Dicho de otra manera, una losa de cimentación es una zapata combinada, que cubre toda el área de la estructura y que soporta los muros y las columnas. En la imagen 3, se muestran a grandes rasgos la representación de los tipos losas de cimentación (losa plana maciza, losa aligerada, losa con contratrabes y losa con nervadura).

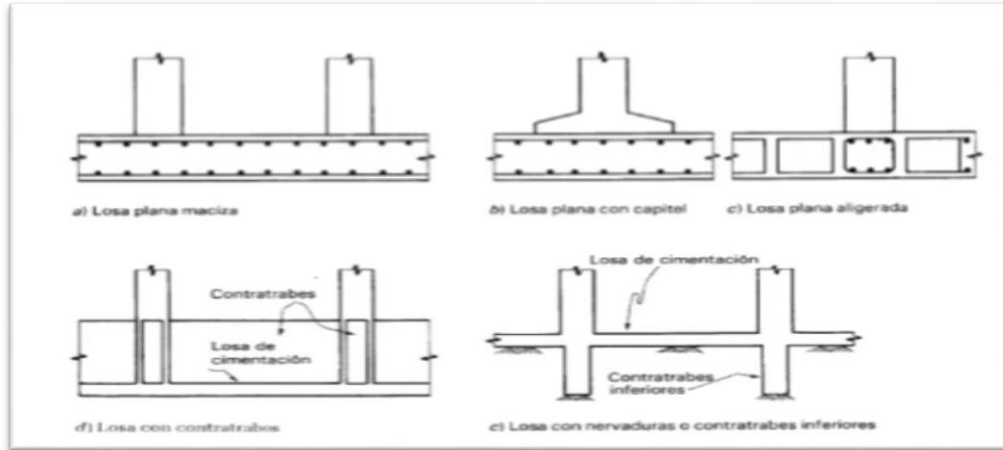


Imagen 3. Oscar Ríos. (11 de Abril de 2017). Cimentaciones. Septiembre 2020, de Slideshare Sitio web: <https://www.slideshare.net/oscarrios30/losas-de-cimentacion-final-ok-1>

MAMPOSTERÍA

En las NTC 2017 de cimentaciones, se encuentra el termino “*Mampostería, es el material de construcción que se deriva de la combinación de piedras o piezas naturales o artificiales, con un mortero que las une para formar un conjunto monolítico*”. Hoy por hoy, la mampostería se emplea en la construcción de viviendas.

Tipos de mampostería:

- Piedras o rocas naturales. Extraídas directamente del terreno natural. En la imagen 4, se observa una plantilla de concreto simple, el cimiento de mampostería, el nivel puede variar según los requerimientos del diseño y el nivel de terreno o del sustrato de desplante.



Imagen 4. Arquitectura Integral. (2005). Tipos de cimentación, proceso constructivo, mampostería de piedra. 2020, de Arquitectura integral Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=oFk7OReHDEU&app=desktop>

- b) Piedras artificiales. Son generalmente concreto a base cemento Portland, arena o grava fina, así como de mortero de cemento y arena, como se muestra en la imagen 5.

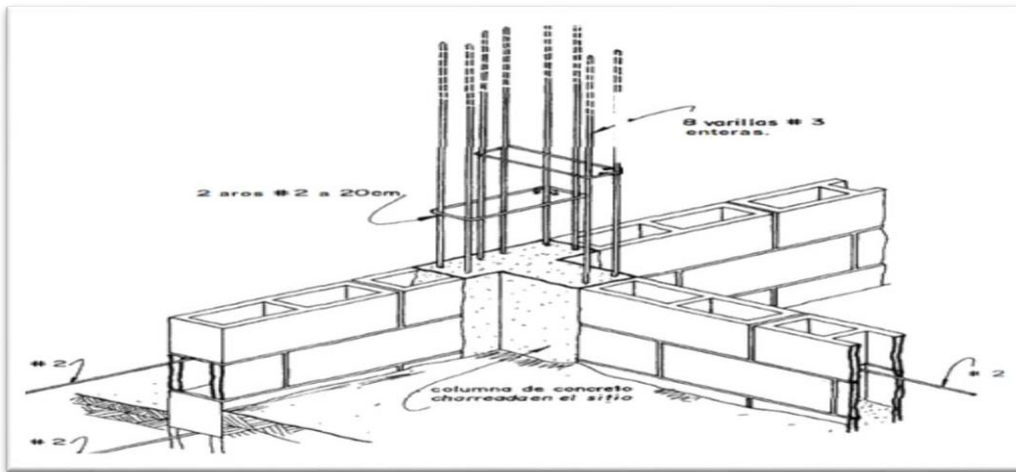


Imagen 5. Blog Constructor civil. (21 de mayo de 2012). Mampostería con columnas de concreto reforzado, Chorreadas en SITIO.. Septiembre de 2020, de Blog Constructor civil Sitio web: <https://www.elconstructorcivil.com/2012/05/mamposteria-con-columnas-de-concreto.html>

De esta manera se puede decir que los materiales más comunes empleados en la cimentación, son el concreto reforzado y en ciertas estructuras que mencione el proyectista será necesaria el uso de la mampostería, tomando en cuenta la zona, la profundidad de desplante, la intensidad de las cargas, y la capacidad de terreno.

En el libro de “*Mecánica de suelos*” de Juárez Badillo, se menciona una recomendación directa al proyectista, el cual es muy específico al recordar que se debe conocer el coeficiente de permeabilidad del suelo, pues se refiere directamente al flujo de fluidos que se encuentran a través de los suelos.

Para tales efectos, es conveniente usar un método de impermeabilización ajena a la estructura.

IMPERMEABILIZACIÓN

Los impermeabilizantes son sustancias que detienen el agua, impidiendo su paso, y son utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio.

En la imagen 6, se destaca la falta de un impermeabilizante, pues como los cimientos y los muros son la base de todas las viviendas y por deben contar con una buena impermeabilización para evitar la humedad y deterioro de la misma.



Imagen 6. Reforma Coruña. (2020). Humedades ascendentes por capilaridad del suelo - soluciones 2020 en muros y paredes. 2020, de Reforma Coruña Sitio web:

<https://reformacoruna.com/humedad-capilaridad-muro/>

HUMEDAD

La humedad en las edificaciones es un problema difícil de comprender. Frecuentemente se aplican pinturas, estanqueidades y otros tratamientos a menudo de forma empírica o arbitraria.

En realidad no es fácil encontrar una definición para “humedad”, por tal motivo se encuentran enumerados los factores que la ocasionan, y de ahí se puede obtener un concepto:

1. Presencia de agua en el concreto utilizado, que puede ser líquida o en forma de vapor. En un ambiente seco no es posible la humedad.
2. Falta de aislamiento entre el elemento constructivo y el agua. Esta carencia permite que el agua esté en contacto con él y lo deteriore.
3. Presencia de vías de penetración en los elementos constructivos, en forma de aberturas, juntas, grietas y/o poros que permiten la entrada, circulación y difusión del agua en ellos.
4. Imposibilidad o dificultad de secado o eliminación del agua presente que permanece en el interior de los materiales o en su superficie.

Por lo tanto, se puede definir de la siguiente manera, **“humedad, presencia de agua líquida o en vapor, existente en el elemento estructural que no cuenta con un aislamiento y que ha encontrado vías de penetración, las cuales han sido imposibles o difíciles de secar”**.

En la imagen 7, se aprecia la zona de equilibrio y evaporación, es decir, el agua del suelo arrastra sales, que gracias a la fuerza de ascenso suben a través de los capilares hasta el punto donde se evapora el agua y la fuerza de gravedad ejerce presión sin permitir que continúe ascendiendo pero las sales ya quedaron estacionadas. Sin embargo, si no se encuentra alguna barrera que impida dicho proceso, este se repite una y otra vez.



Imagen 7. Water Tec Argentina. (18 de noviembre 2016). Humedad de cimientos.

Septiembre 2020, de Water tec Sitio web:

<http://humedaddecimientos.blogspot.com/2016/11/recomendaciones-para-la-reparacion-de.html>

Desafortunadamente para combatir una patología por humedad, ya sea ésta interna o superficial, primero debe presentarse y debe ser evaluado, realizándose de la siguiente manera:

- Comprobar el estado del elemento o la parte afectada y su acabado.
- Demoler parcial o totalmente el elemento o parte afectada y su acabado, sanearla, lo cual contempla además los contornos.
- Aplicar o colocar el acabado en la zona saneada.

TIPOS DE HUMEDAD EN LAS VIVIENDAS

Como ya se mencionó, todo lo anterior se presenta cuando existe el inmueble y ya es evidente la patología; pero que ocurre cuando apenas se va a construir y todo lo anterior no se ha presentado aún. Es por ello, que se necesitan conocer e identificar las cinco fuentes de humedad:

- a. HUMEDAD POR FILTRACIÓN,
- b. HUMEDAD CAPILAR,
- c. HUMEDAD DE CONDENSACIÓN,
- d. HUMEDAD ACCIDENTAL O DE USO, Y
- e. HUMEDAD DE OBRA O CONSTRUCTIVA.

Cada una obedece a fenómenos distintos, por lo que no hay un tratamiento universal para ser aplicado. Solo un análisis del caso, donde consideremos el clima, la zona el destino de edificación, el tipo de materiales, el diseño, entre otros factores, que puede ser de acuerdo a un reglamento, como es el caso del RCDF y el uso de las NTC.

A continuación, se describen las causas de cada una de las patologías.

a. HUMEDAD POR FILTRACIÓN

Se trata de una lesión muy típica de materiales porosos. Generalmente se presenta en superficies sin impermeabilizar o con impermeabilización deficiente que permite el paso de agua a través de la fachada, muros de contención y cubiertas.

El agua presente en el suelo que ésta en contacto directo con los muros, se filtra a través de éstos (como se muestra en la imagen 8. “humedad por filtración lateral”), generando una serie de problemas en los materiales de construcción con el consiguiente daño estructural de la edificación, fallos en las instalaciones eléctricas, desprendimientos de los revestimientos interiores, y sobre todo, entrada de agua al interior, creando un ambiente con humedad, insalubre y no habitable. Lo más importante e imprescindible para solucionar el problema de humedades por filtración es encontrar la zona de entrada. Tomando en cuenta la humedad observada en el interior, se busca defectos en el acabado, grietas y otras fallas por la cuales podría entrar el agua.

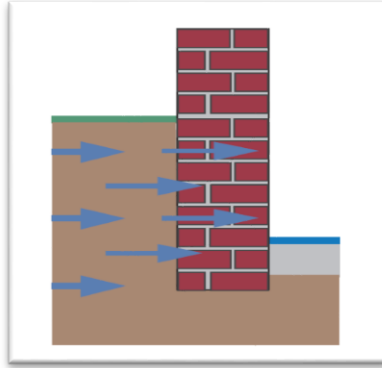


Imagen 8. Humedad por filtración lateral. Luis Humberto Casas Figueroa. (Abril 2010).

Reparación de humedades. Septiembre 2020, de STUDYLIB Sitio web:

<https://studylib.es/doc/8823518/qui%CC%81a-para-reparacio%CC%81n-de-humedades>

b. HUMEDAD CAPILAR

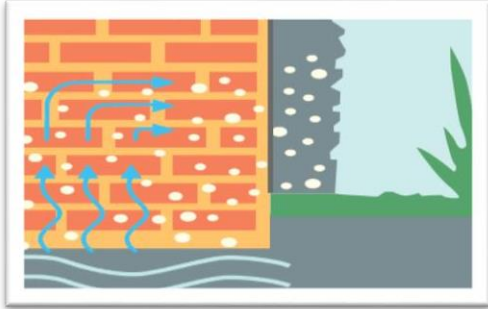
Tener ascenso capilar en los muros provoca un desgaste acelerado de los materiales de construcción y de las juntas. Estos se originan en un foco húmedo y pueden proceder en una filtración anterior. Su extensión y trayectoria dependen de la capilaridad de los materiales que atraviesan, de la cantidad de agua que puede admitir la superficie expuesta y la posibilidad que tenga de secarse desde el interior.

El agua es un disolvente único e insustituible en la biosfera. Es por esta razón que se debe de controlar o tomar precauciones a cerca de su comportamiento para poder evitar afectaciones a las construcciones de edificación y vivienda; como fue en mi caso.

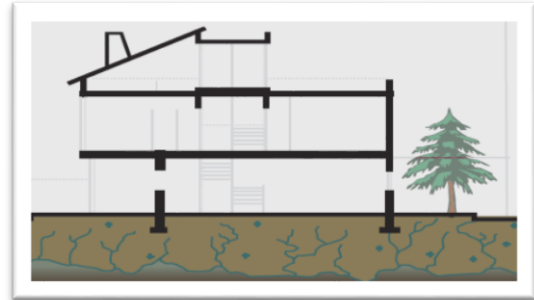
La característica más visible que se conoce es la capilaridad, producto de la diferencia en el volumen del agua contenida en un material en relación con la cantidad que tendría de ascenso del agua y se transmite a través de los materiales de estructura porosa y tubular que por efecto de tensión superficial permite su circulación a través de sus conductos capilares.

Es decir, el agua sube del suelo a través de los materiales porosos (ladrillos, morteros, juntas) y atraviesa los cimientos, sube por los muros y causa el desprendimiento del revestimiento (imagen 9, “ascenso capilar”); sumado a todo lo anterior es importante tener

en cuenta el nivel freático (imagen 10, “nivel freático”), ya que son una causa fundamental del origen de la humedad, pues son una fuente constante de agua y humedad en contacto con los cimientos de la vivienda, teniendo así una capilaridad pura.



Ascenso capilar



Nivel freático

Imagen 9 y 10. Humedad Capilar. Luis Humberto Casas Figueroa. (Abril 2010). Reparación de humedades. Septiembre 2020, de STUDYLIB Sitio web:

<https://studylib.es/doc/8823518/qui%CC%81a-para-reparacio%CC%81n-de-humedades>

La presencia de sales favorece el proceso patológico, ya que estas penetran en los poros y oquedades del concreto en el ciclo de ascenso y descenso de las aguas, cristalizando y produciendo tensiones que acaban por disgregar el muro. Este tipo de humedades se caracterizan por aparecer en franjas horizontales continuas en la parte inferior de los muros, acentuándose en las zonas medias.

En la imagen 11, podemos apreciar la franja de color blanco, compuesta de sales disueltas en el suelo, que ascienden a través de la cadena de cimentación y van formando bancos de eflorescencia cada vez más evidentes.



Imagen 11. Humedad que asciende a través de la pared por efecto de capilaridad. Elaboración propia

Y así las principales consecuencias que se prevén, debido a la presencia de humedad son cuando sube por los muros, del piso hacia arriba aunque también puede surgir en los pisos, y comiencen a manchar las paredes (véase imagen 12, presencia de humedad de cimientos a muros), descascarando el aplanado o desprendiendo pinturas.



Imagen 12. Presencia de humedad de cimientos a muros. Elaboración propia

Este tipo de humedad es de compleja reparación por tratarse de la conexión entre el agua de tipo insoluble con el cemento, lo cual conlleva a que la comunicación entre sí sea muy difícil de interrumpir.

c. HUMEDAD POR CONDENSACION

Este tipo de humedad es el resultado de la unión de varios factores físicos, concretamente la presión de vapor suficientemente alta y la temperatura suficientemente baja.

Para comprobar si se trata o no de un problema de condensación se pega con cinta adhesiva un trozo de papel aluminio sobre la superficie afectada. Si aparece vaho en la cara visible del aluminio, hay condensación. Estos procesos patológicos resultan a veces, difíciles de diagnosticar, tanto por presentar síntomas comunes a otro tipo de humedades

como por su naturaleza un tanto “intangible”, ya que involucra un proceso en el que el vapor de agua del aire pasa a estado líquido, afectando los elementos que constituyen la edificación.

Una ventilación apropiada (continua y suave), la adecuación de la temperatura interior, el aislamiento, son las bases para evitar que se produzca la condensación en las superficies horizontales y verticales.

Si no se da una rápida solución posteriormente se producen pequeñas manchas circulares en las superficies, aparición de colonias de mohos (hongos), etc., que pueden producir enfermedades respiratorias.

Las humedades por condensación son comunes en zonas muy frías y poco soleadas, con un porcentaje de humedad ambiental alto y se producen por la diferencia de temperatura existente en el interior de la vivienda respecto al exterior.

En la imagen 13, se observa presencia de moho en las partes altas de los muros, pues son lugares de difícil ventilación, siendo una consecuencia evidente de la humedad por condensación dentro de la vivienda.



Imagen 13. Luis Humberto Casas Figueroa. (Abril 2010). Reparación de humedades.

Septiembre 2020, de STUDYLIB Sitio web:

<https://studylib.es/doc/8823518/qui%CC%81a-para-reparacio%CC%81n-de-humedades>

d. HUMEDAD ACCIDENTAL O DE USO

Muchos de los procesos patológicos que suelen presentarse en las edificaciones y que limitan la vida útil de las partes del sistema hidrosanitario son producto de que no se haya tenido en cuenta el mantenimiento desde la etapa de proyecto.

La prevención de este tipo de humedades es una de las más claras y sencillas, ya que las causas de daños y deterioros son de origen mecánico, debidas a acciones exteriores o esfuerzos propios y las de origen químico que generan corrosión en elementos estructurales o no estructurales.

Existen numerosos problemas de humedad originados en ingresos accidentales de agua producto de:

1. Fisura de una tubería (uniones, ramificaciones con codos, curvas, etc.), que generan las filtraciones, debilitamiento de la superficie, abultamiento, eflorescencias.
2. Los muros medianeros, la unión de muros de techos con pendiente.
3. La unión entre la taza y el desagüe, la taza y el tanque de aparatos sanitarios.

Las humedades accidentales o transitorias se manifiestan por la aparición de manchas negras o blancas, o con polvo de humedad en muros y techos con forma circular alrededor del punto de rotura o manchas de forma alargada que coinciden con la dirección del conducto afectado. Si continua la salida de agua, la mancha llegará a gotear en un punto que esté próximo a la fisura, ocasionando destrucción de enlucidos, revocos y enfoscados, desprendimientos de partes dañadas por falta de adherencia en paramentos y cielo rasos con humedades, síntomas de disgregación superficial en morteros, saturación de la fábrica de ladrillo, aparición de eflorescencias por el transporte de sales desde el interior de los elementos lesionados a la superficie, putrefacción de la carpintería de madera. Si la situación no se corrige, el ingreso de agua en la edificación causa debilitamiento estructural y hasta puede producir fisuras, fracturas o desprendimientos.

En la imagen 14, se aprecia la fisura de la conexión de la taza, el tanque y la tubería sanitaria. Este tipo de fisura ser reparada correctamente, es decir, debe demolerse la

zona afectada hasta descubrir la tubería y sustituirla, para evitar daños a los demás elementos estructurales y no estructurales, contemplados en el diseño de proyecto.



Imagen 14. Luis Humberto Casas Figueroa. (Abril 2010). Reparación de humedades.

Septiembre 2020, de STUDYLIB Sitio web:

<https://studylib.es/doc/8823518/gui%C3%A1a-para-reparaci%C3%B3n-de-humedades>

e. HUMEDAD DE OBRA

La coloración de los materiales, la fabricación de pastas y morteros, los concretos, etc., tienen un proceso de secado muy lento. Al ocupar la edificación sin haber concluido este proceso, la producción de vapor propia del uso dificulta el secado; así mismo, la aplicación de revestimientos decorativos impermeables lo obstaculiza. Se pueden llegar a formar zonas húmedas, generalmente en caras inferiores de las losas de entrepiso o de cubierta, por filtración y distribución de la humedad en ellas.

Este tipo de humedad se descarta en edificaciones no recientes, puesto que sólo puede aparecer al terminar la obra, así como se muestra en la imagen 15, donde aún se encuentra en proceso la construcción. No obstante, es fácil confundirla con humedades de condensación o de capilaridad. Como medida general, se debe asegurar que el cerramiento se mantenga seco durante 30 días después de terminado el secado, a pesar

de seguir el espacio en uso o de presentarse un nuevo período de lluvias. Sólo entonces se podrá confirmar si la humedad era de obra o no.



Imagen 15. Humedad de obra. Elaboración propia

El secado de las obras nuevas tarda a menudo más de lo que generalmente se supone. De gran influencia, en este sentido, son la estación del año y el estado del tiempo durante la construcción, el espesor del componente o elemento y el tipo de edificación. Hasta que la obra esté completamente seca puede transcurrir un año.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Existen diversas formas de proteger una vivienda de la agresión de la humedad proveniente del suelo.

Si se lleva a cabo durante la construcción de la edificación se llaman preventivas, es decir, previenen la aparición de la humedad.

Si se ejecutan con posterioridad a la construcción de la vivienda se denominan correctivas, por obviedad se dice, que se está corrigiendo un problema que se hizo presente posteriormente a la realización de la vivienda, esto por no haber tomado acciones preventivas durante la realización del proyecto o porque éstas fueron insuficientes para detener la humedad presente en el terreno.

Al momento de diseñar una construcción se deben realizar sondeos para conocer cuál es la composición del suelo donde se desplantara la cimentación.

Si con el estudio de mecánica de suelos, de preferencia, se aprecia que se está en riesgo de presentarse problemas por exceso de humedad en el terreno, esto hace indispensable tomar la decisión de realizar alguna acción preventiva que evite posteriores problemas. Ya que no solo basta con revisar informes de construcciones aledañas que se hayan realizado con anterioridad, ya que los niveles freáticos cambian con los años y nos pueden llevar a conclusiones erróneas.

Había observado algo peculiar, en general las viviendas cercanas al terreno, presentan humedad en la parte baja de los muros (imagen 16), desprendimientos de los aplanchados (imagen 17) y la pintura, y en muchas otras además presencia de salitre.



Imagen 16 y 17. Humedad por capilaridad. Reparación de patologías Sitio web:

<https://www.eliminarhumedades.com/humedad-en-muros-y-paredes/>

Como ya se mencionó anteriormente, el ascenso capilar del agua a través de los materiales porosos, va depositando sales indisolubles, que con el paso del tiempo van siendo cada vez más evidentes. Todo lo anterior, conduce a una sola conclusión, que el tipo de humedad que se presente en la vivienda puede ser **HUMEDAD POR CAPILARIDAD**.

Una vez establecido el tipo de problema que se va a enfrentar, ya se puede determinar qué tipo de soluciones se necesitan aplicar para erradicar dicha patología.

Se podría pensar que la solución sería intentar impermeabilizar los muros y su superficie. En el mejor de los casos se consigue esconder temporalmente la humedad, pero la consecuencia en la realidad es que este tipo de tratamientos generan un “efecto chimenea”, haciendo subir aún más la humedad por ellos. Así no se soluciona el problema de humedad en suelo y muro, sino que se agrava y se encarece la solución por la necesidad de volver a abordarlo y tampoco se soluciona con el secado de los muros.

La capilaridad se erradica desde la etapa constructiva, por medio de tres técnicas. Estas son:

1. BARRERA FÍSICA

- a. Drenajes
- b. Obras de guarnición o protección
- c. Barreras impermeables
- d. Mejoramientos de suelos

2. BARRERA QUÍMICA

3. VENTILACIÓN O ENLUCIDO MACROPOROS

BARRERAS FÍSICAS

Son básicamente la introducción de un material impermeable o membrana no porosa que impida el paso de la humedad. A continuación, se describe básicamente cuales son y cómo se emplean

Drenajes: es recomendado que se haga desde el exterior en todos los muros afectados y en todo su frente, existen varios tipos de drenaje:

- a) **Cuña drenante:** se excavan cuñas adosadas a la base del muro y realizadas mediante **bataches** alternados con el fin de no crear asientos puntuales, de una profundidad tal que se alcance el suelo sobre el que reposa la cimentación. En su fondo, se coloca una tubería de concreto o plástico. Ésta tubería recoge las aguas lo más abajo posible (unos 15 cm por debajo de la base) y las canaliza a puntos concretos hasta enviarlas a la red de saneamiento o a un pozo muerto por lo que deberá compactarse bien la zona rellenada.

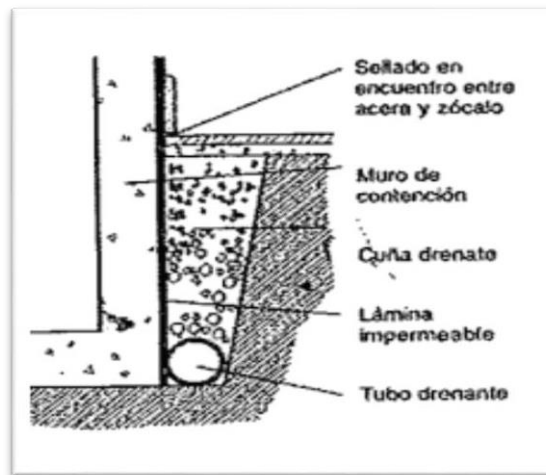


Imagen 17. MV Albañiles. (2020). Reformando una casa. Septiembre de 2020, de MV Albañiles Sitio web: <https://www.mediavida.com/foro/off-topic/mv-albaniles-reformando-casa-tocho-mil-fotos-508719/13>

En la imagen 17, se encuentra el acomodo de una cuña drenante, que está colocado junto al borde del cimiento, se puede apreciar que también se puede hacer uso de la lámina impermeable para mejor protección a la estructura.

- b) **Ataguías:** se colocan estructuras provisionales de retención separadas de la base y con una profundidad que estará en función de la cimentación de la edificación y de la presión de las aguas que se quieren detener. Se usa para casos de corrientes freáticas de agua y puede ser: tablestacas adosadas de madera, piezas metálicas, zanjas lineales rellenas de material suelto y tubos que conducen el agua hasta la red de saneamiento. Se intenta descender el nivel de agua hasta por debajo de la cimentación para evitar el contacto entre ambas.



Imagen 18. Raúl Velázquez León. (2010). cimentaciones. Septiembre 2020, de ConstruAprende.com Sitio web:

<http://www.construaprende.com/docs/tags/cimentaciones>

En la imagen 18, se observa una recomendación, este tipo de barrera solo debe usarse en obras y alturas de agua pequeñas, de lo contrario, esta construcción no tendrá ningún efecto positivo esperado.

- c) **Zanja drenante:** se excavan zanjas que recogen el agua del terreno circundante y la conducen a la red de alcantarillado. Suelen ser construidas con material del lugar.

En la imagen 19, se muestra el detalle de la construcción de una zanja drenante y un corte de perfil de la sección, que involucra una plantilla de concreto y un tubo drenante.

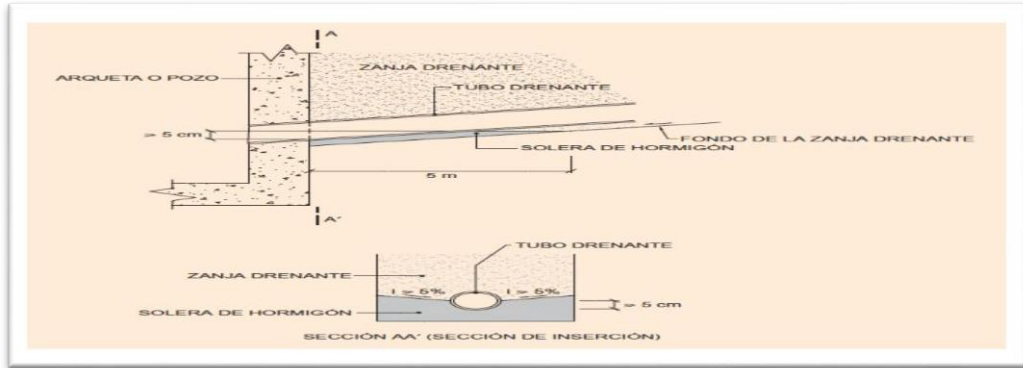


Imagen 19. Carreteros.org. (2009). Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera. 2020, de Carreteros.org Sitio web:

http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/oc17_03/apartados/3.htm

- d) **Pozo drenante:** constituyen una red que hace que el nivel descienda lo suficiente para evitar el contacto con la cimentación.

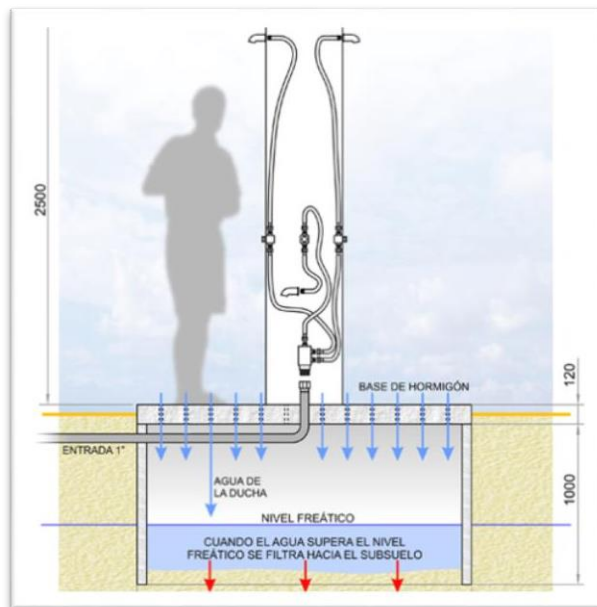


Imagen 20 Y 21. Tecnología urbana costera S.L. (2010). Sistema drenante y base drenante. 2020, de Tecnología urbana costra S.L. Sitio web:

<http://www.sealand.pro/es/tecnur/pozo-drenante.html>

También conocido como pozo de absorción, como se puede ver en las imágenes 20 y 21, consiste en una cámara cubierta de paredes porosas que filtra las aguas freáticas y la orina al subsuelo lentamente.

Obras de guarnición o protección: este tipo de impermeabilización es utilizada en plataformas horizontales de fachada y se debe,

- Aumentar la inclinación de la plataforma hacia el exterior, a fin de incrementar su capacidad de drenaje.
- Establecer un pequeño escalón impermeable entre la plataforma y el paramento.
- Añadir rodapié o zocalo, cubriendo el solape vertical de la lámina impermeable horizontal (ver imagen 22).



Imagen 22. HABITISSIMO. (2015). Zocalo. Revestimiento de piedra exterior en vivienda. 2020, de Habitissimo Sitio web: https://fotos.habitissimo.es/foto/zocalo-revestimiento-de-piedra-exterior-en-vivienda_1652106

Es recomendable el empleo de materiales permeables en los pavimentos cercanos a los muros afectados, de modo que la humedad tenga posibilidad de evaporar por distintas partes y no necesariamente ascienda por los muros. Se debe cuidar también que el agua de lluvia sea conducida fuera del área de la edificación y no salpique los muros.

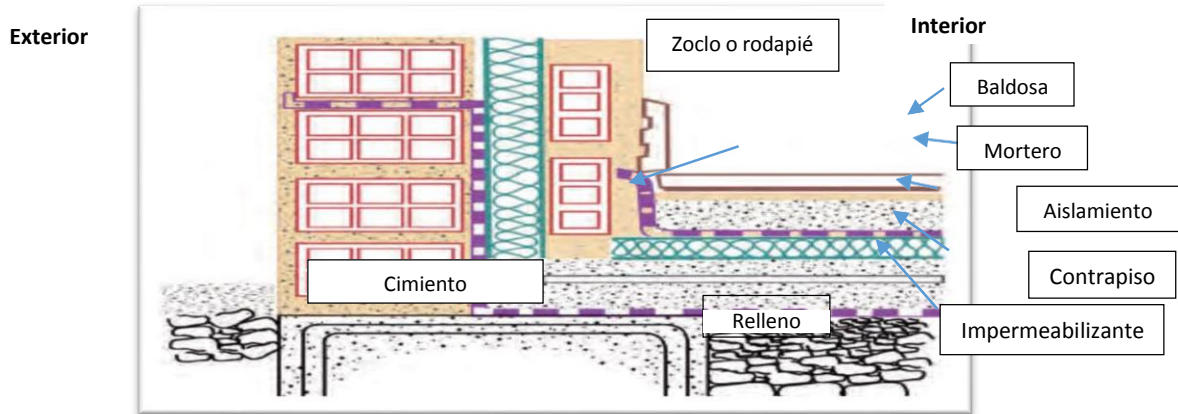


Imagen 23. Detalle constructivo de guarnición o protección. Elaboración propia

En la imagen 23, se observa el detalle constructivo de una guarnición, que sirve como barrera de impermeabilización, de igual manera se observa el uso de una material impermeable adicional.

Barreras impermeables. Se define como la interposición de una barrera entre el agua y el elemento constructivo.

Lamina impermeable o malla polimérica. Se introduce en la base del muro y el cimiento, se encuentran de material polietileno (ver imagen 24), o mejor conocido como plástico negro.

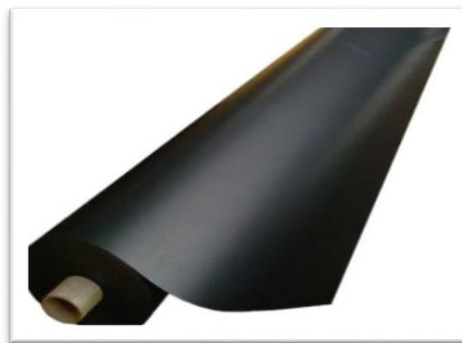


Imagen 24. Impermeable.com. (2020). Lámina impermeable. 2020, de mundoimpermeable.com
 Sitio web: <https://mundoimpermeable.com/lonas-y-telas/lamina-impermeable/>

En 1971, el instituto de Ingeniería de la UNAM (Alberto, 1971), realizó ensayos con diversas telas nacionales con objeto de conocer sus propiedades y en 1973, en la entonces Secretaria de Recursos Hidráulicos, se construyeron dos terraplenes en el lago de Texcoco, uno como testigo y otro con refuerzo en la cimentación, para probar las bondades de la tecnología en desarrollo. En esta primera experiencia se utilizó un geotextil 100% de poliéster, específicamente fabricado en México para esta finalidad.

Hoy, el uso de Geotextiles se ha diversificado y se han encontrado variadas aplicaciones; además de aprovecharse para caminos, se emplean de manera importante en las obras hidráulicas, la estabilización de taludes y la construcción en general.

La familia de geoproductos consta de los siguientes materiales:

- a. Geotextiles: Son textiles permeables para filtrar, separar y reforzar al suelo,
- b. Georedes: son mallas con forma de red, que se utilizan para reforzar al suelo y los agregados,
- c. **Geomembranas:** son láminas planas que funcionan como barrera hidráulica, para construir sistemas impermeables,
- d. Geodrenes: son láminas que en su estructura monolítica poseen espaciadores que sirven para drenar líquidos en su plano, sustituyendo por completo los subdrenes construidos con agregados,
- e. Geomallas: son mallas flexibles y porosas, constituidas por filamentos dispuestos en diversos arreglos, que se utilizan como cubiertas para impedir la erosión del suelo,
- f. Geoceldas: son estructuras tridimensionales a base de geosintéticos, para contener y soportar rellenos en taludes.



Geored



Geodren



Geocelda



Geomembrana

Imagen 25. Geotextiles tipos. 2020

La impermeabilización con geosintéticos se lleva a cabo mediante las geomembranas, que son láminas con coeficientes de permeabilidad muy bajos, que por lo mismo deben determinarse de manera indirecta, a través de la medición del flujo de vapor de agua a través de ellas. Las principales en este grupo son las de polietileno de alta densidad y las de policloruro de vinilo (PVC), principalmente. Las láminas son unidas entre sí mediante procesos de termofusión, para darles continuidad y cubrir por completo la terracería sobre la que se apoyan.

Una aplicación particularmente ventajosa es el empleo de geomembranas para impedir el cambio de humedad en suelos sensibles a ello, como son los suelos expansivos. En la imagen 26 y 27 se muestra una lámina impermeable de PVC colocada sobre las plataformas de un desarrollo habitacional, para evitar daños a las casas por expansión del suelo subyacente, a consecuencia del ingreso de agua. Este procedimiento evitó el realizar grandes cortes para eliminar el suelo expansivo, así como la colocación de material selecto, no expansivo en lugar del material removido.



Imagen 26 y 27. Geomembrana de PVC.

Mejoramiento de suelos

Esta técnica consiste en modificar las características de un suelo por una acción física (vibraciones por ejemplo) o por una inclusión en el suelo de una mezcla del suelo con un material más resistente con el fin de:

- Aumentar la capacidad o la resistencia al corte.
- Disminuir los asentamientos, tanto absolutos como diferenciales, y acelerarlos cuando sucedan.
- Disminuir o eliminar el riesgo de licuefacción en caso de sismo o vibraciones importantes.

Los ámbitos de aplicación de las distintas técnicas dependen esencialmente de la naturaleza y la granulometría de los terrenos que se desea mejorar.

1. **Compactación dinámica y columnas de balasto.** Este método permite tratar el suelo en profundidad, a través de acciones en la superficie. El principio consiste en dejar caer, en caída libre y de manera repetida una masa de varias decenas de toneladas desde una altura de algunas decenas de metros. En terrenos cohesivos, se procede a la incorporación de balasto en el suelo, realizando de esta manera las columnas de balasto.
2. **Drenes verticales.** La técnica consiste en hundir verticalmente en el suelo, según una malla regular, un dren prefabricado. Durante la puesta en carga del suelo, los

drenes facilitan la evacuación del agua de los poros de la superficie, permitiendo una rápida consolidación de los suelos tratados.

3. **Vibroflotación.** O también llamado vibrocompactación, se aplica principalmente a suelos granulares, no cohesivos como arena y grava.

Las vibraciones generan un fenómeno temporal de la licuefacción del suelo que rodea el vibrador. En este estado, las fuerzas intergranulares son casi nulas, y los granos se reorganizan en una configuración más densa que mejora las propiedades mecánicas. Esta técnica es comúnmente aplicada a gran escala para la compactación de terraplenes de arena ganados al mar mediante relleno hidráulico.

4. **Columnas balastadas.** Es una extensión de la Vibroflotacion a los terrenos que contienen capas de limo o arcilla, cuyos elementos **se** pueden variar por la vibración. Las columnas balastadas permiten tratar estos suelos por incorporación de materiales granulares (generalmente llamado balasto) compactados por etapas. estas columnas también se pueden hacer de mortero o cemento.

También sirven para drenar y permitir una aceleración del proceso natural de consolidación. En zona sísmica, reducen los riesgos de licuefacción.

5. **Inclusiones.** Utilizable para fundar todo tipo de obras en suelos compresible de cualquier tipo, este método reduce en gran medida los asentamientos.

Las inclusiones son generalmente verticales y dispuestas en una malla regular. Deben presentar características intrínsecas de la deformación y rigidez, compatibles con el suelo circundante y las estructuras que deben soportar.

Distintos métodos de aplicación (perforación con o sin rechazo, golpeo, vibración) y distintos tipos de materiales (balasto, la mezcla de grava, suelo-cemento y todo tipo de mortero) se puede utilizar con el fin de lograr un sistema de fundaciones superficiales de bajo costo, en lugar de un sistema de fundaciones profundas.

BARRERAS QUIMICAS

En la actualidad es posible impedir el ingreso de agua en fisuras o en uniones en los muros de concreto por medio de productos químicos que incorporados como pinturas, actúan impermeabilizando completamente la masa de concreto existente.

Se crean tapones, que son el resultado de aplicar sucesivas capas de aplanados impermeables en la cara interior del muro, con productos químicos para obturar fisuras (cementos ultrarrápidos que con el agregado de plastificantes y agua se expanden al entrar en estado líquido) los cuales son presionados con la mano fuertemente dejando que filtren agua a contrapresión, luego de unos minutos, cuando comienzan a reaccionar despiden calor en su masa, o sea cuando se percibe incremento de temperatura, se disminuye la presión y se enrasa la superficie con una espátula, se alisan en capas muy finas para finalmente quitar el material sobrante.

Hidrofugación superficial. A base de morteros especiales de fraguado rápido (ver imagen 28, sellador para concreto). No evita la capilaridad propiamente dicha, sino que evita que la humedad salga al exterior de la superficie.



Imagen 28. Penetron México. (--). Sellador para concreto. Septiembre 2020, de Penetron México Sitio web: <https://penetron.mx/portfolio/penetron/>

Inyecciones. La lámina puede sustituirse por una inyección de mortero y resina de poliéster o de resina epoxi. Con ello se consigue dificultar la ascensión del agua mediante dos sistemas:

1. Obstrucción de poros, persigue la reducción de la abertura de los mismos por debajo de las 0.010 micras hasta conseguir anular la ascensión. Se puede conseguir utilizando mineralizadores o prepolímeros de disocianato, en la imagen 29, se puede apreciar la forma de ejecución, así como la distancia de un poro a otro.
2. *Inclusión de elementos laminares.* Bajo las soleras armadas, se colocan láminas impermeables.

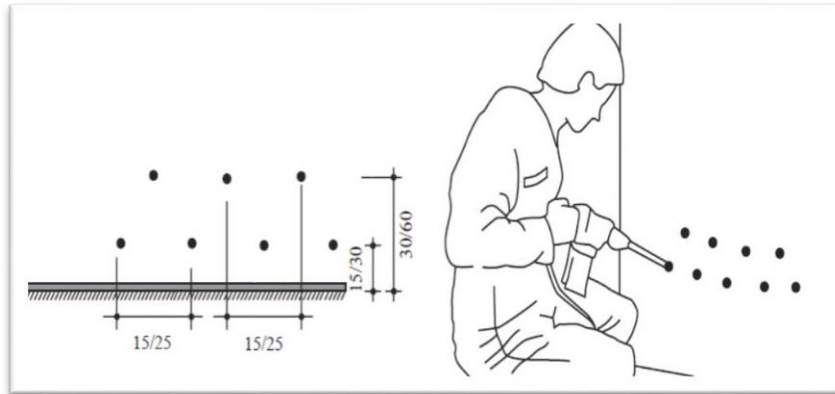


Imagen 29. Luis Humberto Casas Figueroa. (Abril 2010). Reparación de humedades. Septiembre 2020, de STUDYLIB Sitio web:

<https://studylib.es/doc/8823518/gui%CC%81a-para-reparacio%CC%81n-de-humedades>

En fin, hay numerosos tratamientos contra este tipo de humedad, todos destinados a impedir al acceso de agua al muro y a facilitar la evaporación de aquella que llegue; varios se encargan de evitar que el agua del suelo entre en contacto con los cimientos del muro, los más empleados son drenajes y la conducción de aguas superficiales.

Otros tratamientos se dirigen a romper la continuidad capilar del muro mediante la introducción de capas o láminas de material no capilar.

Por ultimo otro método recomendado es facilitar por distintas vías la evaporación del agua. Para lograrlo es importante que la superficie del muro sea permeable y exista una renovación adecuada de la masa de aire de los espacios.

Para este caso, la construcción es nueva, o sea que, se debe tomar en cuenta un tipo de barrera antihumedad desde la proyección, para evitar que se presente cualquier tipo de humedad y eso no generen daños posteriores, eliminando las primeras causas que la originan, tales como:

- Presencia de agua, líquida (lluvia) o en forma de vapor.
- Existencia de aislante entre el elemento constructivo y el agua.
- Presencia de vías de penetración en los elementos constructivos en forma de aberturas, juntas, grietas y/o poros que permitan la entrada y la circulación del agua en ellos.
- Que fuera imposible o difícil que se secase o se eliminara el agua que permanecía en el interior de los materiales o en su superficie.

SOLUCION IMPLEMENTADA

El ingeniero civil debe proyectar las estructuras no solo considerando las propiedades del suelo existente al inicio de la obra, sino también su variación durante la vida útil de la misma, nos explican Lambe y Whitman en su libro “*Mecánica de suelos*”, y también se recomienda para diseño en las *NTC 2017 Diseño y Construcción de Cimentaciones*, mejor dicho de otra forma, se necesita conocer las propiedades del terreno al inicio de la construcción y la forma en que estas varían con el tiempo.

Hay muchas variaciones en las propiedades mecánicas del suelo para que se comporte de esa manera, y nada tiene que ver la influencia del hombre. Entre los principales factores que influyen en el comportamiento del suelo se encuentra (Lambe y Whitman 1991):

- a) Esfuerzos, es decir, si aumenta un esfuerzo durante la formación de un suelo produce un incremento en la resistencia al esfuerzo cortante, disminuye la compresibilidad y se produce una reducción en la conductividad hidráulica, aunque puede ocurrir el caso contrario.
- b) Tiempo. Indudablemente es una variable que no puede controlarse y pueden hacer cambios que afecten directamente una estructura.
- c) Agua, básicamente el suelo donde se encuentra la vivienda se considera parcialmente saturado, causando que el incremento del contenido de agua, ocasione una disminución en la resistencia al esfuerzo cortante y un incremento en la deformabilidad del mismo.
- d) Entorno físico. Se trata del lugar y las condiciones originales. Es un suelo parcialmente saturado, con vegetación por temporada.

Por lo tanto, para la solución implementada, tomé como referencia las NTC Cimentaciones sección 7, donde hay una recomendación directa que se debe de tomar en cuenta al momento de empezar el proceso constructivo. Esto es, *se tomarán todas las medidas necesarias para evitar que en la superficie de apoyo de la cimentación se presente alteración del suelo durante la construcción por saturación o remoldeo.*

En el caso de elementos de cimentación de concreto reforzado se aplicarán procedimientos de construcción que garanticen el recubrimiento requerido para proteger el acero de refuerzo. Se tomarán las medidas necesarias para evitar que el propio suelo o cualquier líquido o gas contenido en él puedan atacar al concreto o al acero. Asimismo, durante el colado se evitará que el concreto se mezcle o contamine con partículas de suelo o con agua freática, que puedan afectar sus características de resistencia o durabilidad. Es aquí donde se hace una invitación directa en implementar una barrera que proteja de manera directa la vida útil de la vivienda.

Como ya se mencionó en el título anterior, existen diversidad de soluciones a implementarse, sin embargo también se señala hay que realizar proyectos útiles, seguros, duraderos y económicos.

Resulta que hay una barrera que los albañiles utilizan cuando construyen en este lugar (Barrio de Jesús, primera sección, San Pablo Autopan), la cual consiste en colocar un plástico entre la cadena de cimentación y los muros de las construcciones, parece ser una técnica fácil y rápida de colocar, y muy económica.

Principalmente me llamo la atención las propiedades generales de este tipo de material de construcción, tales como:

- Al colocarlo debe estar continuo, sin cortes, sin uniones.
- Es extremadamente ligero
- Es flexible.
- Es un material plano, de espesor despreciable (en comparación con las capas de suelo, roca u otros materiales de construcción con los que se combinan).
- Pueden ser muy impermeables
- El proceso de biodegradación es muy tardado.
- No le afecta la corrosión

Teniendo una idea general acerca del tipo de suelo que existe, se llevó a cabo la realización de una vivienda localizada en el barrio de Jesús primera sección, de la localidad de San Pablo Autopan, municipio de Toluca, Estado de México, a 78.13 m noreste del bordo San Jerónimo y a 189.97 sureste m del bordo San Mateo.

En la siguiente imagen 30, se muestra un mapa en vista satelital de la ubicación del terreno donde se desplanto la vivienda:

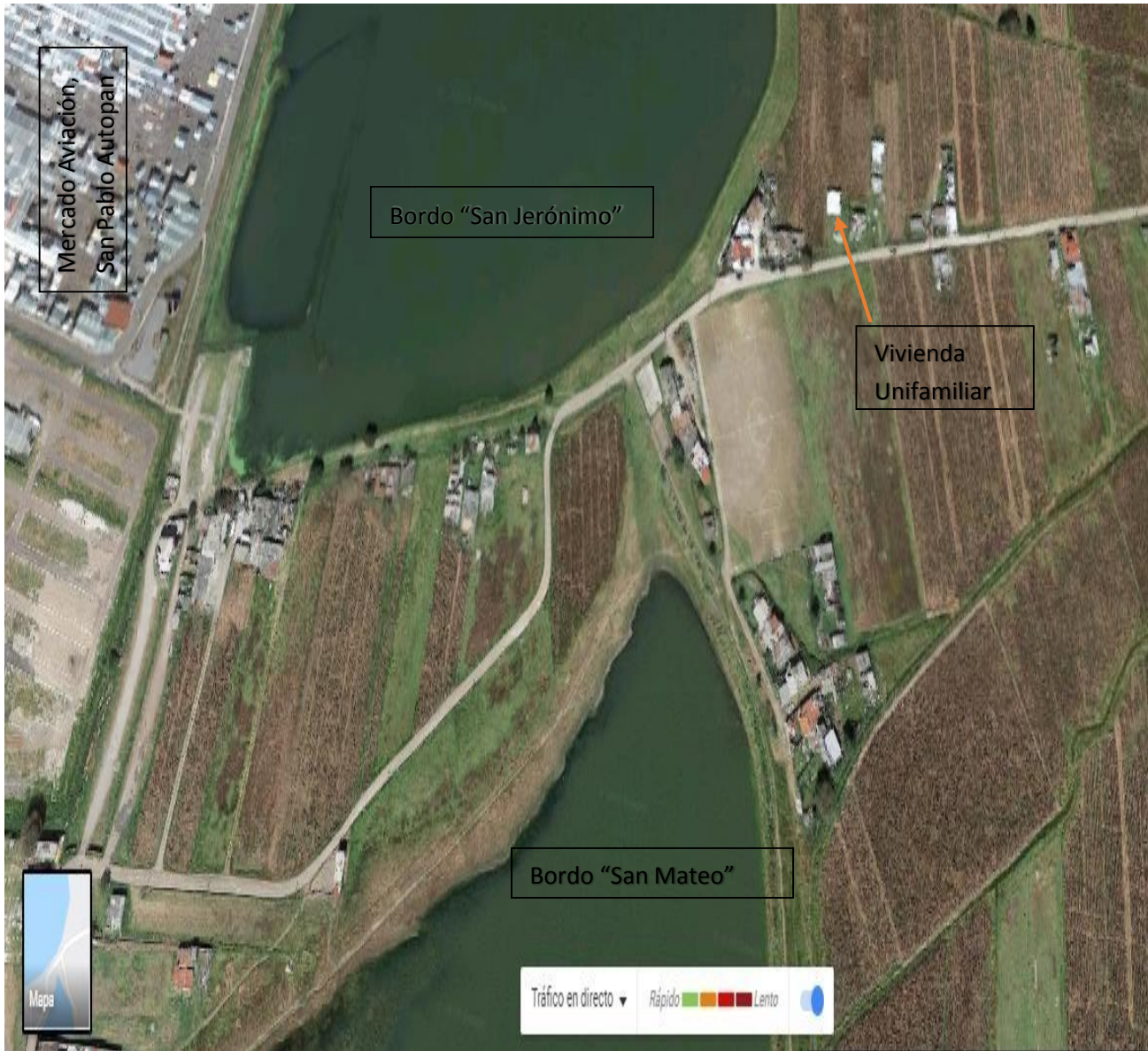


Imagen 30, Imagen satelital, <https://www.google.com/maps/@19.3680593,-99.6875874,287m/data=!3m1!1e3>

Descripción de la obra

Con ayuda del RCD y las NTC CIMENTACIONES 2017, el terreno tiene una dimensión de 10.00 x 10.00 m, se encuentra sobre una zona de transición (zona II).

El proyecto arquitectónico se compone de la siguiente manera

Planta baja	
1	Sala
1	Comedor
1	Cocina
1	Baño completo
2	Recamaras

La planta de azotea se estructuro a base de losa maciza la cual esta soportada por trabes de concreto armado y muros de carga de block macizo ultra ligero.

Se supusieron castillos en los muros de concreto armado y se localizaron en los extremos de todos ellos al igual que en los cruces existentes, y en los lugares que nos determinan el RCDF. Los armados de dalas y castillos son de 4 varillas de 3/8" corridas en lechos inferiores y superiores, con estribos de 1/4" a cada 25 cm. en toda su longitud.

La estructuración en muros se dispuso a base de block macizo ultra ligero.

Los materiales de recubrimientos en el piso se consideró que en toda la casa fueran de loseta cerámica, excepto en baños en los que se colocó azulejo antiderrapante.

Dada la magnitud y distribución de las cargas que son transmitidas al suelo, y a las características mecánicas del mismo, la cimentación propuesta será a base de zapatas corridas de concreto reforzado.

Se utilizó para el diseño y análisis de los elementos estructurales, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, aunque no se encuentre dentro de la zonificación que marca, sin embargo se usa dada la cercanía y que no existe un reglamento en el estado de México.

En cuanto la clasificación para un análisis sísmico el RCDF, marca que según su uso se encuentra dentro del grupo B y coeficiente sísmico reducido de 1.6.

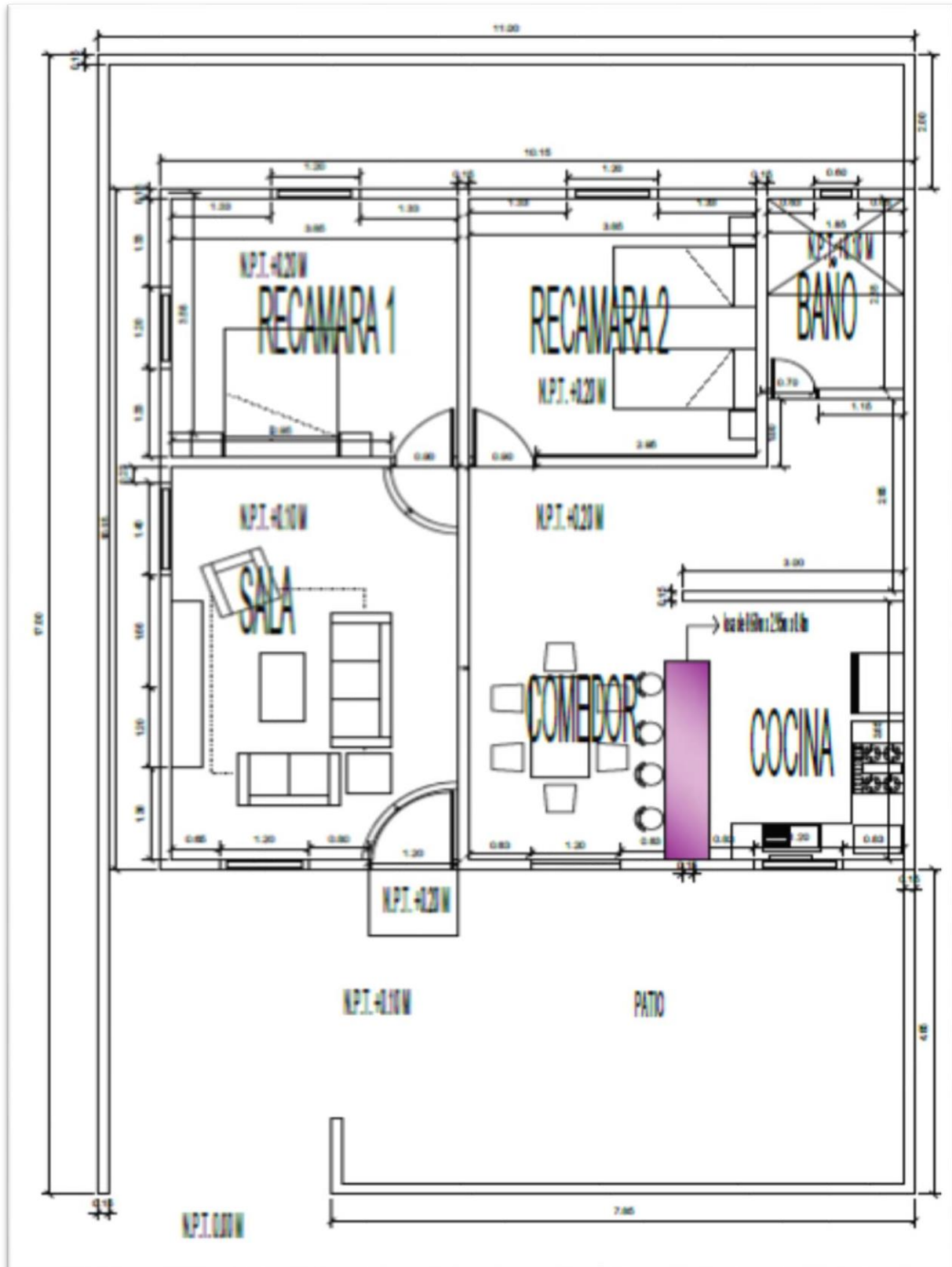


Imagen 31, Distribución en planta de la vivienda (ver anexos para plano completo).

En la siguiente imagen 32, se aprecia el plano de cimentación propuesta para la vivienda.

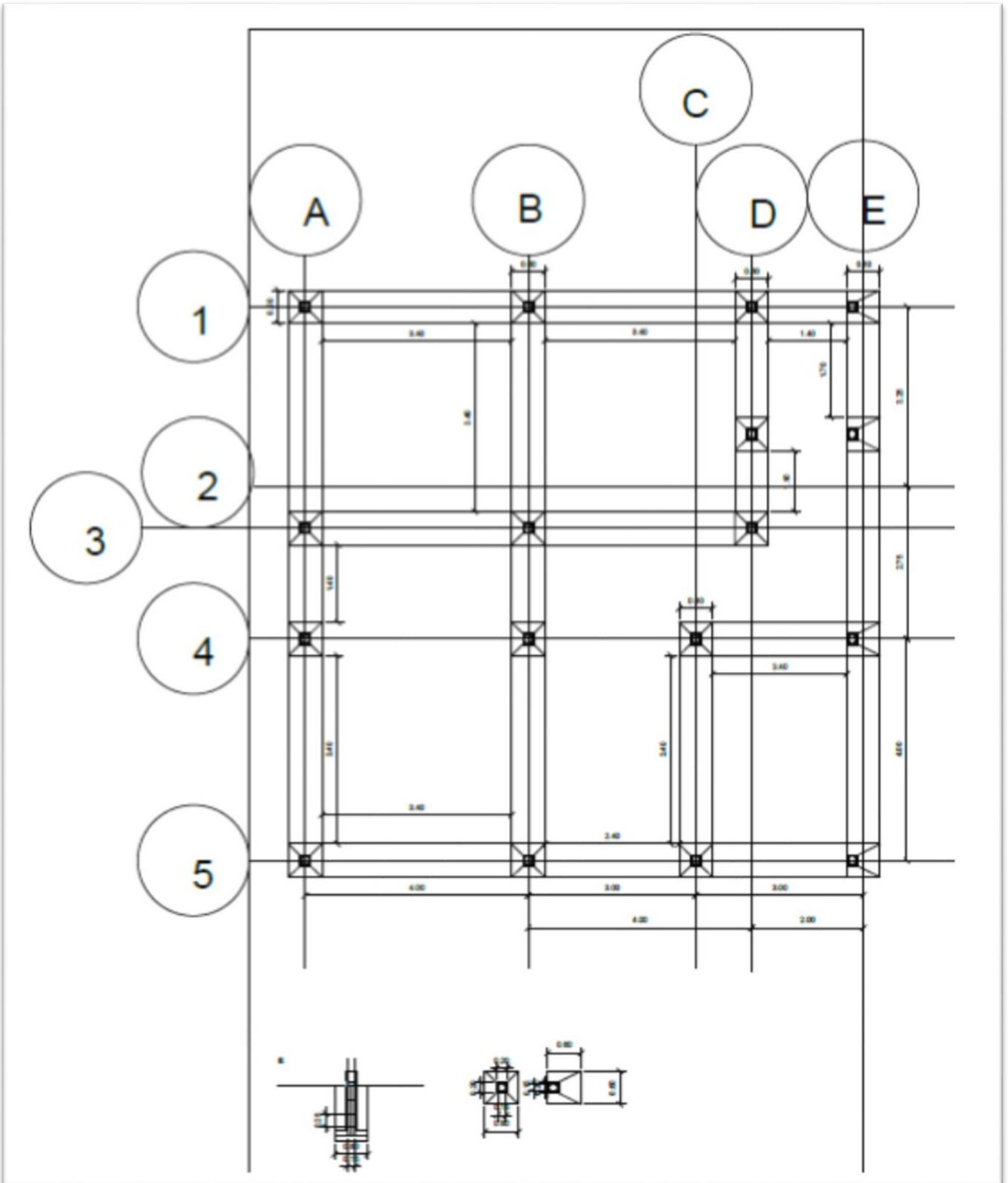
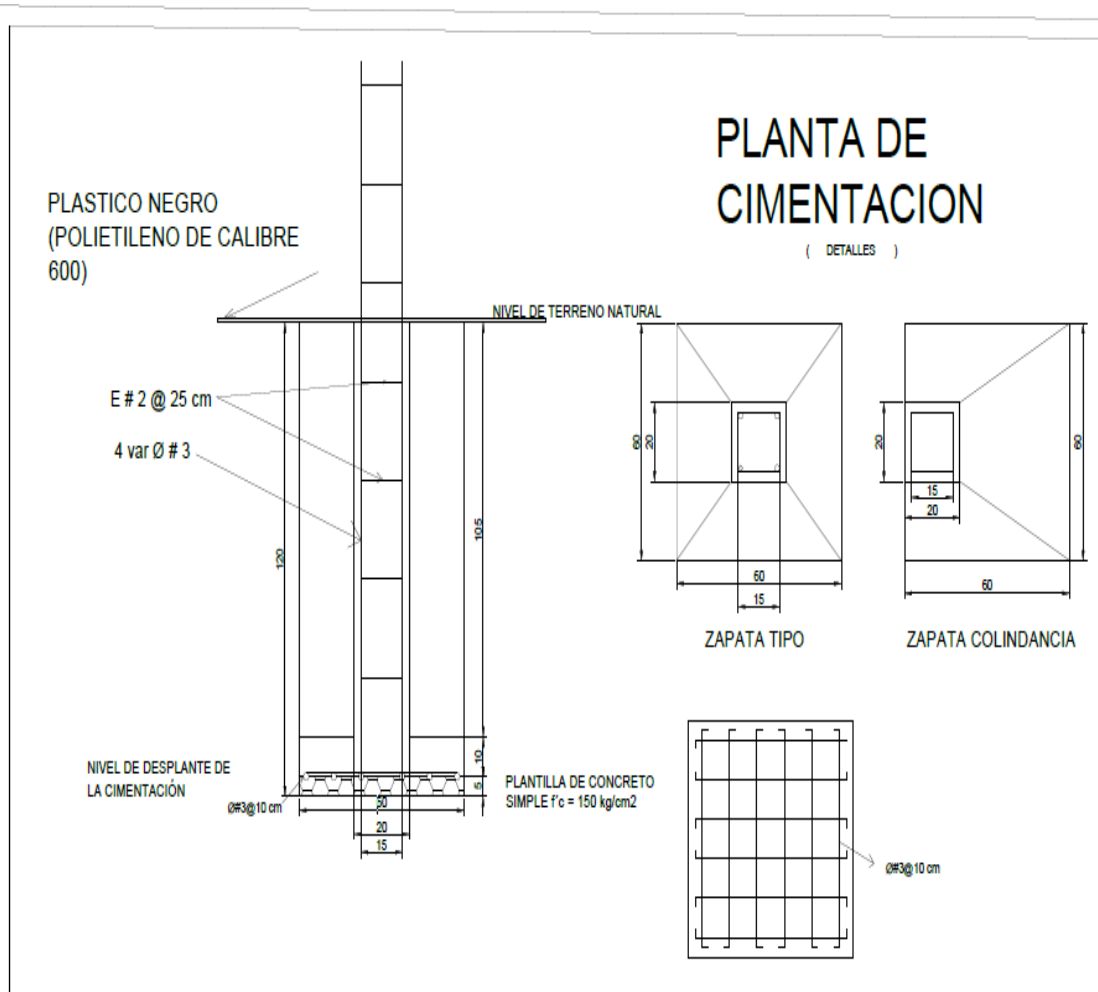


Imagen 32. Plano de cimentaciones (ver anexos para plano completo).

A continuación se muestra un plano de detalle de las zapatas (Imagen 33. Plano de detalles).



Descripción completa de los trabajos preliminares de la obra:

1. Limpieza del terreno y deshierbe a mano.
2. El trazo y alineación de las divisiones para la definición de la cimentación, se realizó con la ayuda de caballetes, hilo, estacas y flexómetro (ver imagen 34).
3. Excavación de las zanjas para las zapatas corridas (ver imagen 35), mediante mecanismos manuales.



*Imagen 34. Trazo de la cimentación
Elaboración propia*



*Imagen 35. Zanjas para la zapata corrida
Elaboración propia*

4. Se coloca una capa de grava bien compactada al fondo de la zanja.
5. Se corta, se dobla y se amarra el acero de refuerzo; se coloca la cimbra para dar forma al concreto. Se vacía el concreto de la losa inferior (concreto simple) y al día siguiente se cuela la contratrabe de la cimentación.

Como ya se mencionó anteriormente, el primer problema que surgió fue que se edificó sobre un suelo parcialmente saturado, y de acuerdo a plano de cimentaciones la profundidad a desplantar fue de 1.20 m, como se puede observar en la imagen 36.



*Imagen 36 y 37. Trabajos preliminares en el proceso de la construcción de vivienda.
Elaboración propia*

6. Se coloca de manera uniforme el plástico negro sobre toda la cadena de cimentación, sin dejar espacio ni realizar cortes. En la imagen 38, se ilustra que el

plástico ya está entre la cadena y el muro. Se anexa ficha técnica del plástico utilizado.



Imagen 38. Impermeable.com. (2020). Lámina impermeable. 2020, de mundoimpermeable.com

Sitio web: <https://mundoimpermeable.com/lonas-y-telas/lamina-impermeable/>

EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Hay que recordar que la cimentación de una estructura, estará siempre en contacto directo con el suelo y que por esa simple razón no se puede tomar a la ligera, si bien es cierto que algunos autores no recomiendan esta práctica, pues mencionan que la lámina impermeabilizante, no es suficiente para evitar la presencia de humedad y se fundamentan en que al momento de la colocación, sino se tiene cuidado, la lámina se rompe y por lo tanto se verá afectada la función para la cual fue colocado.

Es ahí, donde mi investigación cobra sentido, pues antes de llevar a cabo los trabajos preliminares de construcción, también me entreviste con los albañiles que fueron los encargados de realizar la obra y les pregunte acerca de esta práctica, si antes ya lo habían realizado y qué otras prácticas conocían. Para mí fue muy importante que ya contaran con experiencia, para evitar caer en lo que se conoce como Malas prácticas de cimentación.

Esta forma de impermeabilizar, ha sido una práctica cada vez más usada, e incluso el célebre profesor Euclides Guzmán, en su libro *“Curso elemental de edificación”*, recomienda esta práctica como una solución eficaz.

En la siguiente galería de imágenes se muestran muros completos, con la aplicación de la barrera impermeable y sin presencia de humedad. En la imagen 39, se puede apreciar los muros de la recamara principal con aplanados y sin presencia de humedad.



Imagen 39. Muros completos con aplanado de la recamara principal.

Elaboración propia

En la imagen 40, de la recamara principal y 41 de la recamara secundaria, se puede observar cómo se va formando salitre por debajo de la lámina, impregnado en la cadena de cimentación. De esta manera se demuestra que la barrera si funciona para evitar el ascenso de humedad.



Imagen 40. Muros completos sin aplanado de la recamara principal.

Elaboración propia



Imagen 41. Muros completos sin aplanado de la recamara secundaria.

Elaboración propia

Sin embargo, no hay que olvidar que no fue la única barrera de prevención que se utilizó, pues también se realizaron trabajos de repellado, mediante una capa de mortero. En la siguiente imagen 42, Trabajos de repellado, se muestra la colocación.



Imagen 42. Trabajos de repellado en la recamara secundaria provisional.

Elaboración propia

Y es que en la realidad, la manera correcta y cuidadosa de la colocación de esta barrera, es una buena solución, si bien no se elimina la humedad, sino más bien es un impedimento para la expansión del mismo. Hay que aclarar que si sumamos la ayuda de un cementante que cuente con aditivos impermeabilizantes colocados en el área externa e interna de los muros son una buena opción, además de ser económica y eficaz, se procura garantizar un costo bajo de mantenimiento y prolongar el buen estado de la estructura a futuro.

La evaluación de este método impermeabilizante no es posible realizarlo unos días o meses después de la aplicación, puesto que no se pueden observar las mejoras. Así que desde el comienzo de la obra hasta el momento han transcurrido ya 4 años, mismos que el suelo ha sido saturado año con año con el fin de continuar con los trabajos de siembra de maíz. Esto ha ayudado a observar que esta barrera si cumple la función de impedir que asciendan las sales del subsuelo.

RECOMENDACIONES DIRECTAS AL PROYECTISTA Y AL RESIDENTE DE OBRA

1. En las *NTC 2017 Diseño y construcción de CIMENTACIONES*, se recomienda investigar la zona donde se desplantara una estructura, tomando en cuenta las colindancias, el tipo de suelo, el estudio mecánica de suelos (mediante pruebas de la laboratorio) y en el hundimiento de la región a través del tiempo.
2. Tomar en cuenta que la seguridad de la cimentación, ésta dada por los estados límite de falla y servicio. Anexar falla por resistencia.
3. De ser necesario, se puede recurrir al método de Mejoramiento de Suelos, siempre y cuando un estudio de mecánica de suelos lo solicite, aun cuando el proyecto se encarezca un poco, hay que recordar que *la seguridad es lo primero*.
4. Como ayuda para esta membrana, al momento de repellar los muros se puede utilizar un aditivo impermeabilizante que reacciona con el cemento en el momento de añadir agua, formando sustancias minerales que obturan la red capilar por la que se cuela la humedad, pero permiten la transpiración.
5. En caso de que se tengan que hacer empalmes, hay que solapar unos 5 cm una capa sobre otra y sellarlas, bien con aire caliente o con adhesivo para PVC.
6. Esta lámina puede ser utilizada entre el suelo natural y la cadena de cimentación, pues ayuda directamente a varillas para evitar que el proceso de la corrosión no afecte la resistencia.

En recomendación personal y debida a esta experiencia, prácticamente todas las edificaciones, antes de desplantar los muros se deben impermeabilizar los cimientos. En esta práctica tome en cuenta también la profundidad de las zapatas, para evitar inundaciones. Colocar la membrana impermeabilizadora debería ser considerado un

trabajo artesanal, que implica ingenio y que da como resultado un soporte a la inmersión constante bajo tierra y humedad continua.

La mejor manera de que una casa sea sana y segura, esto es, se encuentre libre de humedades y deterioro de los materiales, es emplear una barrera impermeabilizada de polietileno, pues no requiere de trabajos extra en comparación con cualquier otra barrera, además de ser muy económica y fácil de utilizar.

CONCLUSIONES

Los cimientos representan la parte estructural más significativa de cualquier vivienda, es por esta razón que durante el diseño y construcción se busca que satisfaga con los requisitos necesarios para dar soporte y estabilidad al conjunto estructural de una casa.

Frecuentemente los factores que afectan la integridad en una cimentación son: terreno inestable, tipo de suelo, existencia de sales minerales y la humedad causada por el nivel freático. Además, como se vio en el capítulo de Identificación del problema, el fenómeno de capilaridad es un factor que se debe controlar en su totalidad para evitar que el agua o la humedad asciendan a través de los cimientos y/o muros.

Se debe tener en cuenta que al impermeabilizar los cimientos, se debe realizar a conciencia y con la mayor calidad posible pues son trabajos que se realizan solo una vez durante la vida útil de una vivienda.

No todos los impermeabilizantes sirven para todo, ni con un solo producto se puede impermeabilizar correctamente. Como se vio anteriormente existe una gran variedad de productos impermeables que se pueden utilizar para resolver el problema de filtraciones y humedad. No está por demás buscar información acerca de los productos existentes en el mercado, aunque algunas veces la calidad del trabajo no depende del producto si no de la mano de obra.

FUENTES BIBLIOGRAFICAS

1. Brennan T., y Clarkin M. de Camroden Associates & Harriman L. de Mason-Grant Consulting. (April 2016). *Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance* (. April 2016, de U.S. Environmental Protection Agency Sitio web: https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2016-07/documents/moisture_control_guidance_spanish_april_2016_508_final.pdf
2. Ortiz L. (2011). Tesis: *Influencia de la humedad en el deterioro de las viviendas del barrio obrero de la ciudad de Puyo, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza, Ambato, Ecuador.*: Universidad técnica de Ambato, Facultad de ingeniería civil y mecánica.
3. González M.; Beira E.; Álvarez O. & Quiala E. (agosto, 2014). *Metodología para el proceso de modelación de la relación capilaridad-deterioro en edificaciones. Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXV, núm., pp. 74-84.
4. González M.; Beira E.; Álvarez O. & López E. (diciembre, 2013). *Variables ambientales y la relación capilaridad-deterioro: viviendas coloniales del centro histórico de Santiago de Cuba.* *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXIV, pp. 49-66.
5. Álvarez M.. (2017). *Eficiencia de la barrera horizontal impermeabilizante frente a la ascensión capilar en muros no portantes conformados por ladrillos tipo V.* Trujillo, Perú: Facultad de ingeniería, Universidad privada del norte.
6. Ing. Montiel J. (marzo 2014). Tesina: *Impermeabilización de las losas, cisternas y cimentación de casas habitación.* México, D.F.: Facultad de ingeniería, Universidad nacional Autónoma de México.
7. Administración Pública De La Ciudad De México. (15 De Diciembre De 2017). *Reglamento De Construcciones Para El Distrito Federal.* Ciudad De México: Gaceta Oficial De La Ciudad De México.
8. Juárez Badillo; Rico Rodríguez. (2005). *Mecánica de Suelos*, Tomo 1. México, D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V.
9. Lambe & Whitman. (segunda reimpresión, 1991). *Mecánica de suelos.* México, D.F.: Editorial Limusa.
10. Peck, Hanson & Thornburn. (2004). *Ingeniería de cimentaciones.* segunda edición, México, D.F.: Editorial Limusa.

GLOSARIO

BATCHES: Excavación que se ejecuta bajo los cimientos mediante pequeños tramos alternados, para asentar una obra y reducir los peligros para la propia excavación o edificios colindantes.

DISGREGAR: Separar o desunir los elementos que forman o conjunto o las partes de una cosa.

EFLORESCENCIA: son cristales de sales de color blanco que se depositan en superficies (ladrillos, cerámica, concreto, etc.) que han tenido humedad.

ENFOSCADO: Acción de enfoscar, recubrir de cemento un muro.

ESTANQUEIDADES: Calidad de las cámaras, depósitos, válvulas y cerramientos en general, por la que éstos resultan impermeables a los flujos fluidos y, naturalmente, a las partículas sólidas, con lo que se evitan las fugas de los elementos que conviene retener.

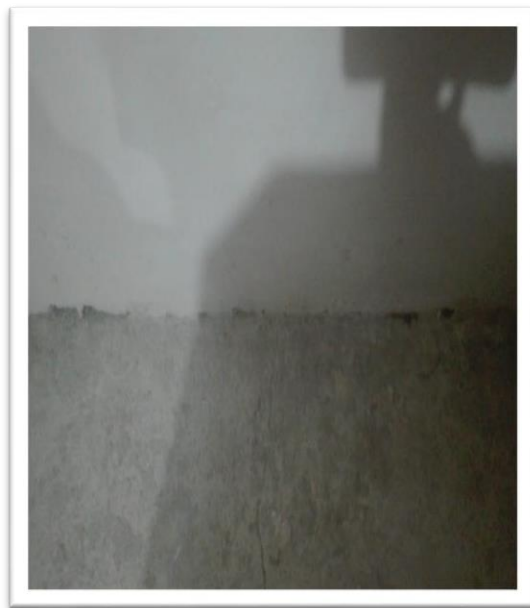
INCOMPATIBILIDAD: Calidad de incompatible.

OQUEDAD: Espacio hueco en el interior de un cuerpo sólido.

PARAMENTO: Es cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros.

POROSO: Que tiene poros, es un material que filtra el agua.

ANEXOS



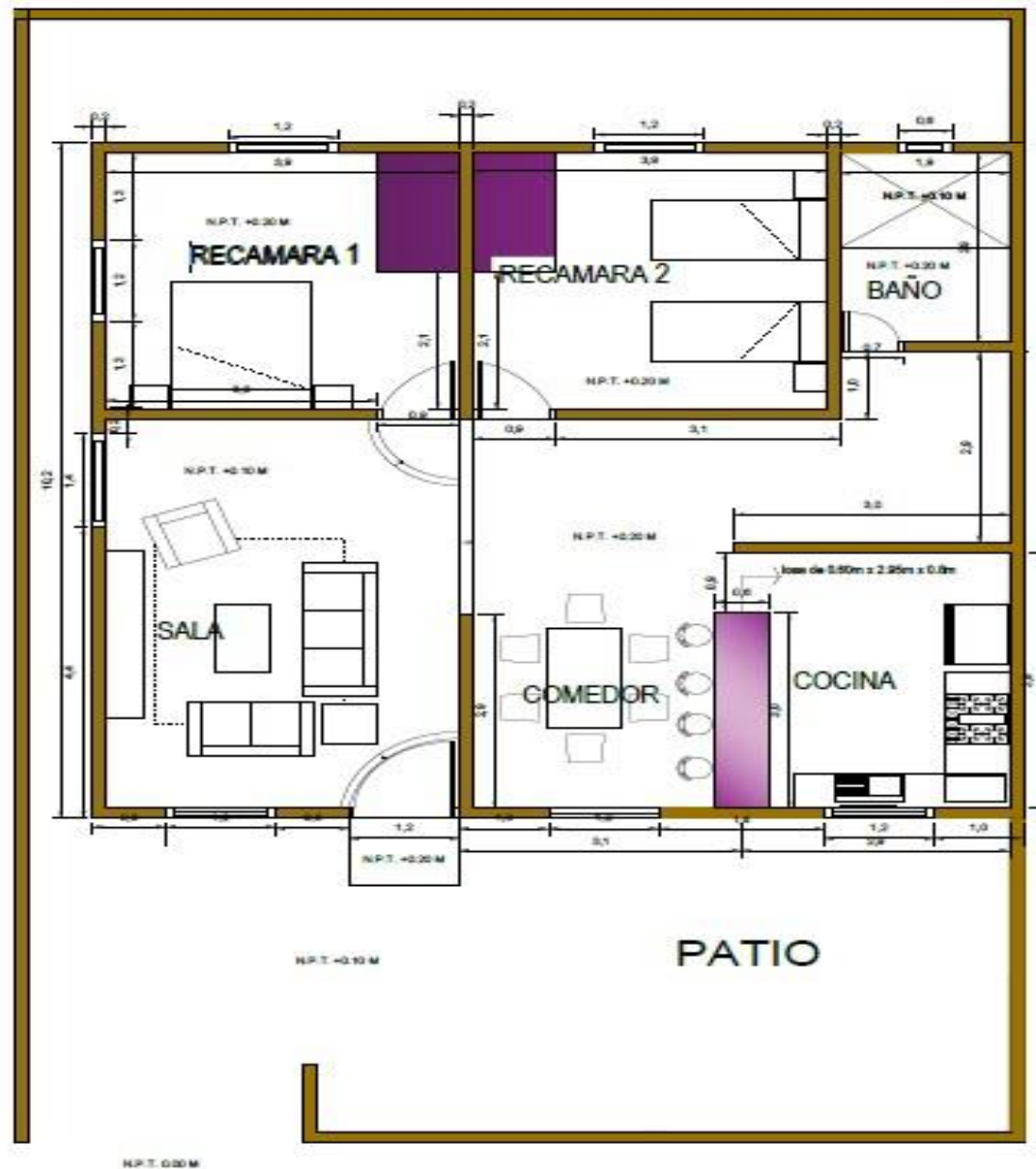


FICHA TECNICA

ROLLO DE POLIETILENO

CALIBRE 400 NEGRO Y BLANCO Y TRANSPARENTE					
MEDIDA	PESO	RENDIMINETO (M/KG)	RENDIMIENTO (M2/KG)	METROS TOTALES POR ROLLO	M2 TOTALES POR ROLLO
1,5-3	50	3.33	10	166.5	500
2-4	55	2.5	10	137.5	550
3-6	60	1.66	10	99.6	600
4-8	60	1.25	10	75	600
5-10	80	1	10	80	800
6-12	80	0.83	10	66.4	800
CALIBRE 600 NEGRO Y BLANCO Y TRANSPARENTE					
MEDIDA	PESO	RENDIMINETO (M/KG)	RENDIMIENTO (M2/KG)	METROS TOTALES POR ROLLO	M2 TOTALES POR ROLLO
1,5-3	50	2.22	6.66	11	333
2-4	55	1.66	6.66	91.3	366.3
3-6	60	1.11	6.66	66.6	399.6
4-8	60	0.83	6.66	49.8	399.6
5-10	80	0.66	6.66	52.8	532.8
6-12	80	0.55	6.66	44	532.8
CALIBRE 600 NARANJA, AZUL CIELO, AMARILLO Y VERDE					
MEDIDA	PESO	RENDIMINETO (M/KG)	RENDIMIENTO (M2/KG)	METROS TOTALES POR ROLLO	M2 TOTALES POR ROLLO
1,5-3	50	2.22	6.66	11	333

Clavijero #90 Col. Transito
 Delg. Cuauhtémoc CDMX
 C.P. 06840
 Tel: 57976766 Y 4210-5222
ventas@mexplast.com
www.mexplast.com



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

REPORTE DE APLICACIÓN DE
CONOCIMIENTOS

HUMEDAD EN LAS
CIMENTACIONES DE
VIVIENDA UNIFAMILIAR:
EL CASO DE UNA CASA
EN SAN PABLO AUTOPAN

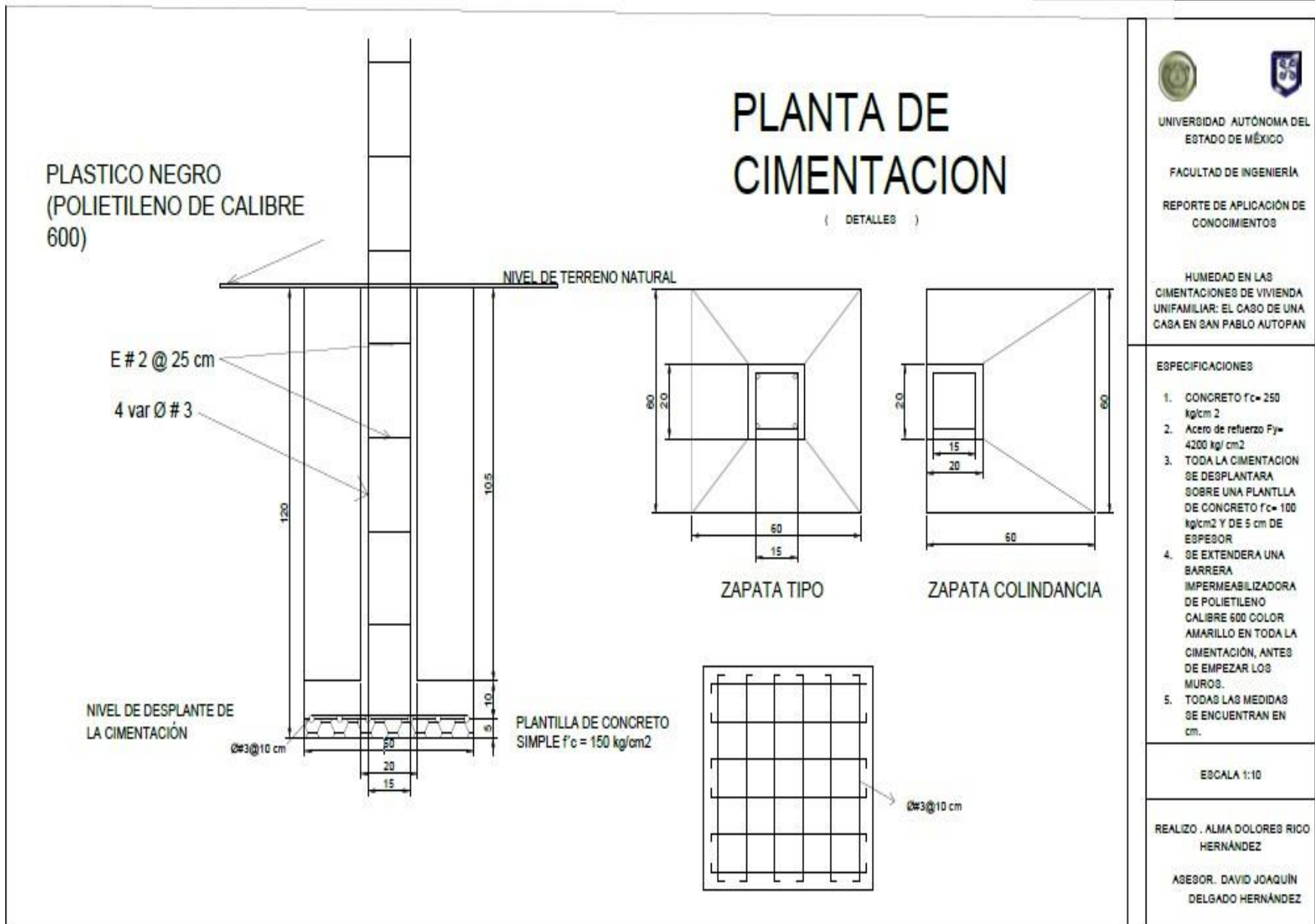
ESPECIFICACIONES

1. CONCRETO $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
2. Acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
3. TODA LA CIMENTACION SE DESPLANTARA SOBRE UNA PLANTLLA DE CONCRETO $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ Y DE 5 cm DE ESPESOR
4. SE EXTENDERA UNA BARRERA IMPERMEABILIZADORA DE POLIETILENO CALIBRE 600 COLOR AMARILLO EN TODA LA CIMENTACION, ANTES DE EMPEZAR LOS MUROS.
5. TODAS LAS MEDIDAS SE ENCUENTRAN EN METROS.

ESCALA 1:1

REALIZO . ALMA DOLORES RICO
HERNÁNDEZ

ASESOR. DAVID JOAQUÍN DELGADO
HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

HUMEDAD EN LAS CIMENTACIONES DE VIVIENDA UNIFAMILIAR: EL CASO DE UNA CASA EN SAN PABLO AUTOPAN

- ESPECIFICACIONES
1. CONCRETO f'c= 250 kg/cm²
 2. Acero de refuerzo Fy= 4200 kg/cm²
 3. TODA LA CIMENTACION SE DESPLANTARA SOBRE UNA PLANTILLA DE CONCRETO f'c= 100 kg/cm² Y DE 5 cm DE ESPESOR
 4. SE EXTENDERA UNA BARRERA IMPERMEABILIZADORA DE POLIETILENO CALIBRE 600 COLOR AMARILLO EN TODA LA CIMENTACIÓN, ANTES DE EMPEZAR LOS MUROS.
 5. TODAS LAS MEDIDAS SE ENCUENTRAN EN cm.

