



Capítulo 7.

7.1.-INTRODUCCIÓN.

Muchas son las lesiones que durante tantos años ha sufrido la iglesia. En este capítulo lo que se pretende es analizar, dando una explicación lógica, cada una de las patologías visibles en cada material afectado durante el paso del tiempo por diversos agentes que a continuación se exponen.

Lo fundamental de todo esto no es sino proponer una posible intervención a cada una de las lesiones, previa toma de datos (reflejada en las fichas técnicas), para ello primero trataremos de explicar las causas que generan cada una de las patologías y luego se propondrá una solución a cada una de ellas.

Entendemos por **patología**¹ como: “Parte de la construcción que estudia los defectos y lesiones que sufren los materiales y elementos constructivos de los edificios; sus causas, evolución y síntomas. Todo ello tanto en su fabricación como en el proceso constructivo, como durante la vida del edificio”.

Nos centraremos en la fachada Norte de la iglesia que da a la calle Basabe, (ver fig.1) y al interior de ésta también. El análisis patológico se centra en esta parte considerando que la estratigrafía muraria se ha realizado en esta fachada, y uno de los objetivos de la estratigrafía muraria es estudiar los procesos constructivos realizados hasta la fecha, no sólo para ubicarlos dentro de un período o fase histórica, sino que partiendo de todos estos datos, poder realizar una propuesta de intervención respetando los materiales y sistemas constructivos utilizados.

¹Definición de patología basado en el diccionario de Arquitectura y Construcción, Edit. Munilla-Lería.

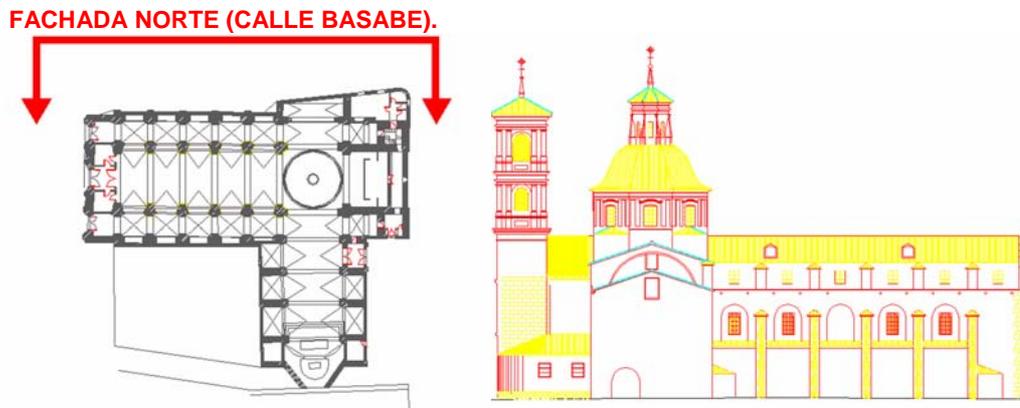


Fig.1. Ubicación en planta de la fachada norte de la iglesia situada en la calle Basabe (izquierda) y el exterior de la fachada (derecha).

7.2.-LA INVESTIGACIÓN PATOLÓGICA. FASES POR LAS QUE SE DESARROLA.

El profesional que se dedique a auxiliar a los constructores y usuarios de los edificios, investigando sobre los daños ocasionados por los vicios ocultos, fallos y defectos de ejecución de las obras, debe saber que, en muchos casos, establecer la sintomatología de una edificación enferma, no es tarea fácil y puede llegar a constituir una auténtica labor, larga y de verdadero rastreo. Igualmente debe saber que si un correcto diagnóstico, del cual estemos verdaderamente convencido de las causas de las lesiones, la reparación ni tiene sentido, ni puede ofrecernos ninguna garantía. Por ello, en este sentido, en el sentido de ayudarnos a establecer un correcto diagnóstico, la fábrica debe ser tenida como nuestra aliada.

Nuestra investigación, como en la medicina, pasa por distintas fases, y puede ser que no seamos el primer técnico consultado, sino que es posible que el problema nos llegue porque algún compañero u otra persona hayan facilitado o procurado nuestra intervención. En cualquier caso, nuestra investigación se pondrá en marcha cuando tengamos conocimiento de la existencia de anomalía o lesión. Este es el primer paso de nuestro estudio, el cual pasa por las fases o etapas siguientes:

-Tener conocimiento de la existencia de la lesión.

-Establecimiento de la sintomatología.

-Formulación del diagnóstico.

-Proponer una terapéutica.



7.2.1-EXISTENCIA DE LA LESIÓN.

Como en muchas enfermedades que padece el ser humano, su desarrollo puede estar teniendo lugar sin manifestación visible o notoria, y sólo cuando se presentan los primeros síntomas o anomalías podemos entender que la edificación interesa al campo de la investigación patológica. Las fábricas, con su clara incompatibilidad de deformación en relación con las que puede soportar las estructuras, se manifiestan como muy sensibles y expresivas. Nos avisan, no sólo de sus propios defectos y limitaciones, sino de las deformaciones y anomalías que pueden estar ocurriendo en la estructura portante a la cual revisten.

En muchas ocasiones, hasta que las fábricas se muestran fisuradas o deterioradas no tenemos conocimiento de la existencia de una lesión en el edificio y, de no prestar la adecuada y cualificada atención a su aviso, es posible que, al final nos encontremos con una situación patológica más avanzada, difícil y costosa. Es posible que el elemento verdaderamente deteriorado esté más profundo y que la causa esté aún más lejos, pero, los cerramientos y los elementos de partición suelen ser los primeros que nos avisan de la existencia de la situación patológica. En general, como elemento figurable, la fábrica fisurada es a nuestra ciencia, lo que la fiebre es a la medicina; es decir, el síntoma más evidente de anomalía funcional y que nos pone en marcha en nuestra investigación.

En esta fase, debemos recoger, como en un auténtico historial médico, todo lo que como **antecedentes** entendamos necesario como datos previos para nuestro estudio, en el que no debe faltar la edad de construcción del edificio, los datos del arquitecto que proyectó el edificio y la fecha de visado por el Colegio de Arquitectos, si así se hubiese registrado administrativamente. También debemos conocer el fin para el que fue construido y otros usos que haya tenido.

Igualmente hemos de analizar, si así lo creemos conveniente, las formas estructurales y constructivas bajo los cuales se construyó y la organización en planta del edificio. Para ello, se hace necesario procurarnos una copia del proyecto que dio lugar a la construcción.

7.2.2.-LA SINTOMATOLOGÍA.

Los signos mediante los cuales las fábricas nos manifiestan la existencia de una situación patológica que, en la mayoría de los casos, aquellas no hacen sino padecer las consecuencias de una causa exterior a ellas mismas, pueden ordenarse en función de su frecuencia de aparición de la forma siguiente:

-Roturas: Grietas, fisuras y microfisuras.

-Deformaciones: Flechas, desplomes y alabeos.

-Agotamiento: Aplastamiento de los ladrillos, aplastamiento y acortamiento de los morteros.

-Disgregaciones: Deterioro por la acción química y contaminante, exfoliaciones.

-Manchas: Decoloraciones, manchas húmedas, eflorescencias, polvo, ennegrecidos y costras contaminantes.

-Erosiones: Pérdida de los morteros, alveolos, arenados y disgregaciones.

-Envejecimientos: Pérdida de la cohesión y de la capacidad mecánica de la fábrica.

-Deterioros de los revestimientos: Desconchados, abombamientos de las pinturas y enfoscados, descuelgues de éstos y de los aplacados.

A continuación podemos ver algunas de las patologías descritas en las fichas y que pasarán a ser analizadas en este capítulo:



Fig. 2. Suciedad en la fábrica de ladrillo.



Fig. 3. Desprendimiento del revestimiento.



Fig. 4. Fisuras por cargas centradas.



Como ya hemos señalado, la figuración es el síntoma principal y quizás el primero, en relación no sólo a la importancia que solemos darle, sino por su alarmante expresividad. Es probable que los usuarios de la edificación, con cierta lógica, se preocupen más con la presencia de una fisura que con cualquier otro de los síntomas que acabamos de enumerar y, en consecuencia, este es el primer síntoma con el que entramos en contacto al tratar de formalizar nuestra investigación.

En cualquier caso, la forma, abertura, la longitud, el lugar de aparición, comportamiento y evolución de una fisura es bastante coherente con el material e incluso con el sistema constructivo y, un examen adecuado, nos ofrecerá una valiosa información acerca de las posibles causas que pueden estar ocasionando la rotura.

7.2.3.-EL DIAGNÓSTICO.

Después de establecer una correcta y completa sintomatología, fundamentada en las distintas visitas de inspección ocular giradas a la edificación, es posible que tengamos que requerir ensayos y análisis. Puede que algunos de estos ensayos tengan que realizarse en la misma obra y otros requieran ser analizados y ensayados en laboratorio. Del mismo modo, mientras algunos de estos ensayos pueden ser no destructivos, otros puede ser que sí lo sean. En cualquier caso, si en algún momento de la investigación patológica se estima la necesidad de desalojar, establecer apeos o tomar cualquier otra medida de precaución, estas se establecerán inmediatamente y sin esperar el final de la investigación.

Una metodología de investigación que puede ser de gran eficacia, es la de considerar, en primer lugar, todos y cada uno de los síntomas y tipificarlos e identificarlos con todas y cada una de las causas que pueden producirlos, para más tarde, ir considerando las causas posibles y, una a una, ir descartándolas demostrando científicamente que ella no pudo darse.

Eliminando las causas que hayamos podido demostrar que no han participado, nos quedaremos con las restantes consideradas, admitiendo que todas, en una u otra medida, han participado en los daños. A partir de este punto, hemos de iniciar una nueva fase en la investigación, encaminando ahora nuestro objetivo y esfuerzo a tratar de determinar cual de estas, que no hemos podido descartar, es la causa principal o la más importante, o quizás sólo la que ha desencadenado el proceso perturbador.

Llegado a este punto hemos de decir que, generalmente una causa no genera sólo un síntoma, ni se sirve indefectiblemente de uno determinado. De la misma forma que un síntoma casi nunca es producto de una sola causa. Todas estas causas a las que nos hemos referido en el párrafo anterior, han de ser tenidas en cuenta y tomadas como importantes, a la hora de proponer la terapéutica.



Del análisis de la sintomatología, así como de la consideración de los ensayos, recálculos y otros trabajos y conclusiones investigatorias, es posible que podamos establecer la causa o las distintas causas que hayan podido originar daños. Sólo nos falta estar convencidos y saber que sólo a partir de un correcto diagnóstico se puede establecer una terapéutica acertada.

7.2.4.-LA TERAPÉUTICA O MEJOR FORMA DE REPARAR.

En construcción, generalmente, no hay una solución única, o lo que es lo mismo, no hay una sola forma de reparar. Por ello, es posible que podamos proponer varias soluciones al problema, indicando las razones de nuestras preferencias en las formas propuestas. Todas estas soluciones han de estar observadas desde **criterios técnicos, estéticos y económicos**. En algunos casos, es posible que el aspecto técnico sea el que adquiere prioridad, teniendo que admitir unos costos determinados e incluso un determinado sacrificio de los factores estéticos de la construcción. En otros casos puede que el factor económico sea el que impone su prioridad, manteniendo las garantías de validez de la solución y, por último, encontraremos casos en los que es el factor estético el que hay que respetar, a pesar de que existan soluciones técnicas más económicas².

²Basado en el libro: "Obra de fábrica y su patología" de Ortega Andrade del Colegio de Arquitectos de Canarias. Demarcación de Gran Canaria.1999. Págs 18-22.

7.3.-HUMEDADES.

7.3.1.-INTRODUCCIÓN.

La fachada como elemento principal de la envolvente del edificio, actúa como barrera protectora de las inclemencias atmosféricas y, por tanto, sufre, como una de las agresiones físicas más importantes, la del agua de lluvia. Ello provoca, evidentemente, un intento de filtración de agua que produce humedades de filtración como lesión más frecuente.

En la fachada Norte de la iglesia nos encontramos con estos dos tipos de humedad:

-Humedades de filtración.

-Humedades de microcapilaridad.

7.3.2.-TIPOLOGÍA DE HUMEDADES EN LA FACHADA NORTE.

7.3.2.1.-HUMEDAD DE FILTRACIÓN.

La humedad de filtración es la que aparece como consecuencia de la penetración del agua desde el exterior hacia el interior del cerramiento, produciendo las consiguientes manchas. Dicha filtración será mayor en los casos de presión hidrostática de agua sobre el cerramiento, pero lo corriente es que aparezca sin necesidad de dicha presión y con la simple presencia del agua de lluvia, incluso en las primeras fases de mojado y saturación (fig.5 y 6.) de las que podemos considerar en la interacción agua-fachada. Entonces, en función de la estructura porosa del material de fachada y, por tanto, de su coeficiente de absorción, se facilita la absorción, se facilita la filtración, incluso con aparición física del fenómeno de la capilaridad, con recorrido preferentemente horizontal del líquido que penetra hacia el interior del espesor del cerramiento, pudiendo llegar a atravesarlo.

Fig. 5. Interacción agua fachada.

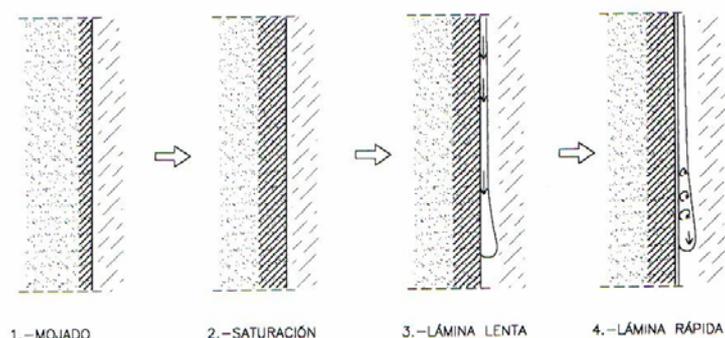


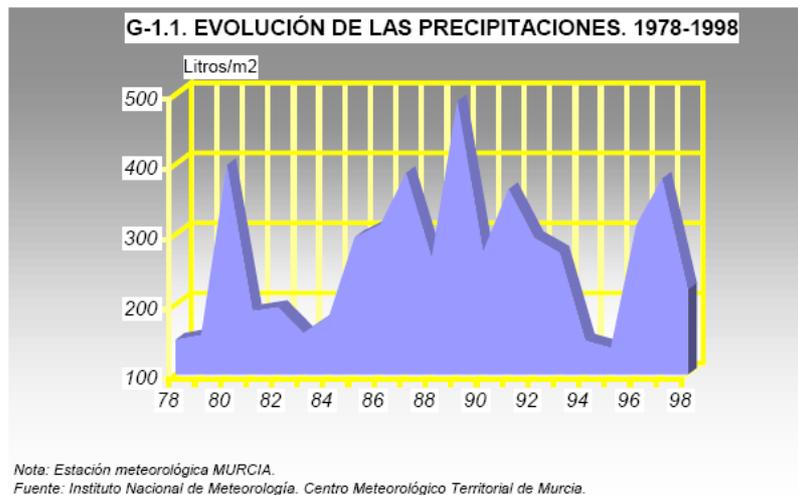


Fig. 6. Humedad por filtración del agua de lluvia (fenómeno de capilaridad).

En los casos en que la geometría de la fachada ofrezca plataformas exteriores horizontales o ligeramente inclinadas (desde terrazas, balcones, hasta molduras) la acumulación de agua será mayor y se podrá intensificar la filtración. Es lo que ocurre con todos los diedros cóncavos, rincones, alféizares de ventanas, etc.

Por otra parte el agua, además de entrar a través de la estructura porosa del material, puede hacerlo también a través de aberturas en los cerramientos, sean éstas constructivas (juntas de construcción, de dilatación o juntas practicables) o sean grietas y fisuras producto de lesiones previas.

Para hacernos una idea de cómo influye la humedad de agua en fachada a continuación exponemos el siguiente gráfico con la evolución de las precipitaciones durante veinte años (1978-1998) en Murcia:



7.3.2.2.- HUMEDAD DE MICROCAPILARIDAD.

La humedad capilar es aquella que aparece en los cerramientos como consecuencia de la ascensión del agua contenida en el terreno, bien por nivel freático, bien por filtración en el mismo del agua de lluvia o de riego. Pero este tipo de humedad es el que se estudia en las partes enterradas en los edificios. En las fachadas, nos preocupará más la que podríamos llamar humedad de microcapilaridad y que podemos considerar aquí como una variante de las filtraciones. Esta lesión podríamos decir que es la una de las más importantes y evidentes en la fachada norte de la Iglesia de Santo Domingo. Se manifiesta por las manchas oscuras con dirección vertical y sentido ascendente.



Fig.7. Parte de la humedad que se reflejan en ambas imágenes pertenecen a humedad por microcapilaridad, visible en la parte baja del cerramiento.

7.3.3.- PUNTOS CONFLICTIVOS (FIG.8).

Al ser las fachadas elementos muy expuestos a las inclemencias atmosféricas y estar compuestas por multitud de componentes, con gran cantidad de cambios de plano, no es extraño encontrarnos con un número elevado de puntos conflictivos. No obstante, para su estudio los podemos agrupar en siete básicos.

7.3.3.1.- ARRANQUE DE MUROS O ZÓCALOS (FIG.8.1).

Aparecen, sobre todo, humedades de capilaridad y de microcapilaridad, aunque también de filtración. Juega un papel importante la existencia de acera con zócalo y, sobre todo, la consideración de la impermeabilidad del material de dicho zócalo, tanto frente al agua que viene desde el suelo, como sobre todo, a la que llega desde el pavimento.

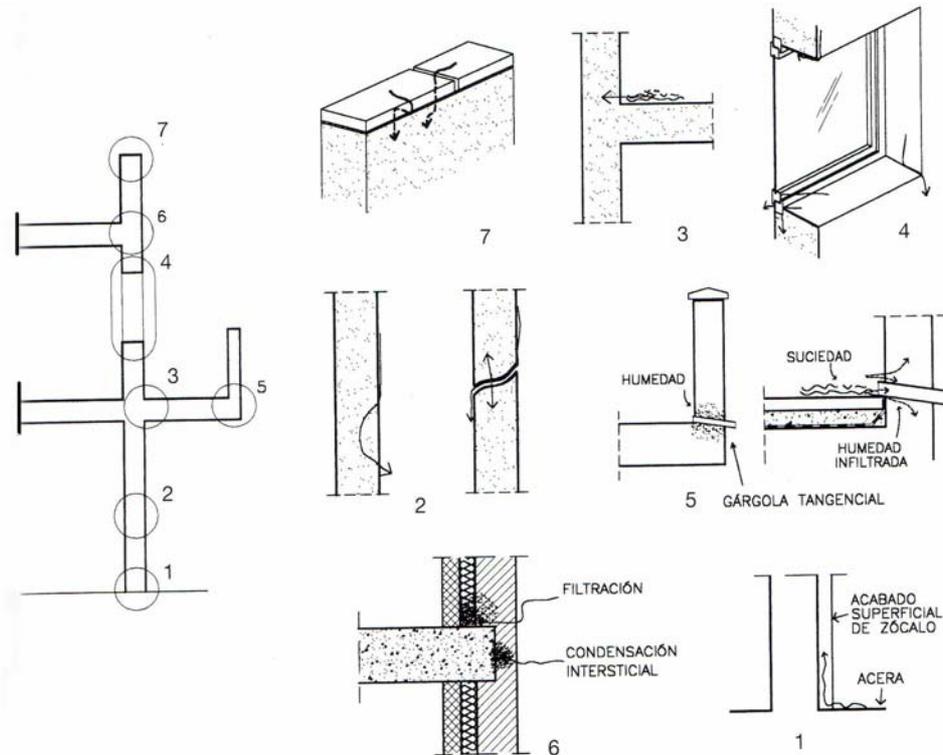


Fig. 8. Puntos conflictivos en fachadas.

7.3.3.2.- PAÑO CIEGO (FIG.8.2).

Es donde se produce la filtración propiamente dicha. Tenemos tres vías muy claras. A través del propio poro del material constitutivo del cerramiento, cuando la presión del agua es suficiente combinando su abundancia con el viento, y la estructura porosa lo permite (lo facilita por succión capilar). A través de grietas y fisuras previas en la unidad constructiva (sobre todo las primeras) con la presencia de agua y viento ayudadas, en este caso, por la constitución, normalmente capilar, de estas aberturas. Por último, a través de juntas mal resueltas (sin solape, sin sellado, etc.).

7.3.3.3.- PLATAFORMAS HORIZONTALES (FIG.8.3).

Son todos los elementos salientes del plano de fachada con pequeñas plataformas más o menos horizontales (normalmente impermeables) bien sean suelos de terraza, bien molduras horizontales, bien vierteaguas y albardillas. En ellos, la acumulación de agua en períodos lluviosos sobre dichas plataformas y la capilaridad de los revestimientos exteriores (enfoscados y revocos de mortero) o de los propios materiales constitutivos del cerramiento (ladrillo visto, piedra, etc.) facilitan la aparición, por un lado, de la filtración hacia el interior y, por otro, del fenómeno de



capilaridad en los acabados y, por tanto, de esta lesión a la que hemos llamado de *microcapilaridad*, dada sus características dimensionales. Esta lesión puede llevar a otras secundarias como desprendimientos o erosiones físicas.

7.3.3.4.- HUECO DE VENTANA (FIG.8.4).

En ellos se dan, por un lado, las condiciones recién mencionadas, es decir, encuentro de planos perpendiculares formando diedros en los que coinciden juntas constructivas (entre materiales distintos, paramento y carpintería). Si falla el material de sellado la junta facilita la filtración de la posible agua acumulada en cualquiera de los diedros. Por otro lado, los huecos de ventana tienen otros dos puntos de posible filtración. El dintel superior, que si no tiene goterón suficiente facilita la escurrida hacia el interior del agua que resbala por la fachada y su posible filtración. Además las juntas practicables de la propia carpintería de la ventana, que si no tienen bien resuelta su estanqueidad, facilitan también la entrada del agua.

7.3.3.5.- RELIEVES (FIG.8.5).

En todo tipo de molduras y salientes, en general, en el encuentro entre el plano de fachada y otro más o menos perpendicular, que sea horizontal, se puede producir acumulación de agua con esas plataformas horizontales que llegan a facilitar la filtración hacia el interior (además de microcapilaridad ya comentada) siempre que se den las condiciones adecuadas de porosidad suficiente o de fisuras, grietas o juntas constructivas.

7.3.3.6.- REMATE SUPERIOR (FIG.8.7).

En los remates superiores (cornisas y petos de terraza) si la albardilla es insuficiente o inadecuada (poco impermeable, con escaso vuelo en los dos frentes, con juntas muy abiertas entre piezas, etc.) se puede producir filtración, bien por los bordes, bien por las juntas entre las piezas, provocando las siguientes manchas³.

³Humedades en fachada. Filtración. Capítulo I del Tomo 4 del Tratado de Rehabilitación del departamento de Construcción: "Patologías y técnicas de intervención. Fachadas y cubiertas". UPM. Págs. 55-63.



7.4.- GRIETAS Y FISURAS EN LA FACHADA NORTE.

Aunque en la fachada sólo podemos apreciar fisuras, hablaremos también de las grietas y las causas que las producen, porque la sintomatología es muy y por ello fácil de confundir.

7.4.1.-DEFINICIÓN.

Tanto las grietas como las fisuras son aberturas longitudinales y no deseadas, producidas en un material o unidad constructiva cualquiera. Ponen de manifiesto un mal comportamiento en la edificación, ya sea debido a fallos de proyecto, de ejecución, uso o de conservación.

Según su amplitud y efecto se pueden clasificar en:

-Fisuras: Aberturas de ancho inferior al milímetro. Pueden ser superficiales o integrales. Por su movilidad pueden a su vez subdividirse en:

-Fisuras muertas: No varían en dimensiones a lo largo del tiempo. No suelen afectar a la integridad del elemento constructivo. Presentan como único problema su aspecto estético y la sensación de poca seguridad en la obra. En ocasiones pueden no percibirse a primera vista.

-Fisuras vivas: Aumentan o disminuyen su anchura con el paso del tiempo o el uso del edificio, debiéndoles dar una resolución patológica. Han de ser observadas, ya sea mediante testigo de yeso, referencias fijas a ambos lados de la fisura, o aparatos especiales.

-Grietas: Aberturas normalmente superiores al milímetro y que suelen atravesar el espesor del elemento constructivo, provocando la pérdida de su integridad.

Unas y otras pueden aparecer, tanto en elementos estructurales, como en elementos importantes a los que se somete a cargas no previstas, como tabiques, fachadas, etc.

7.4.2.-CAUSAS.

La aparición de grietas o fisuras en un muro proviene de la falta de respuesta del mismo frente a las exigencias de resistencia y elasticidad a que se encuentra sometido.



Ambas exigencias pueden producir que el muro se rompa, se deforme, o pierda su situación inicial por superar su capacidad elástica ante la acción de cargas a él aplicadas.

Las cargas, ante las que una deficiente respuesta del muro son la causa de la aparición en el mismo del agrietamiento y figuraciones, son las siguientes:

-Cargas previas:

-Desencofrado.

-Transporte (fundamentalmente en elementos prefabricados).

-Montaje.

-Cargas verticales:

-Peso Propio.

-Sobrecargas.

-Asentamientos diferenciales.

-Cargas horizontales:

-Vientos.

-Sismos.

-Explosiones.

-Choques.

-Empujes de tierras.

-Cargas debidas a movimientos propios:

-Dilataciones debidas a:

-Temperatura.

-Humectación.

-Fraguado.

-Retracciones.

-Movimientos elásticos.

A continuación nos centraremos en las cargas verticales que son las causantes de la **fisuración detectada en la fachada Norte** de la iglesia, y más concretamente a las producidas por los pesos que gravitan sobre el muro (como es el caso de los contrafuertes superiores que producen las fisuras en la parte superior del cerramiento). (Ver fig. 9.).



Fig. 9. Fisura causada por la carga vertical del contrafuerte. Por compresión simple.

7.4.2.1.-CARGAS VERTICALES.

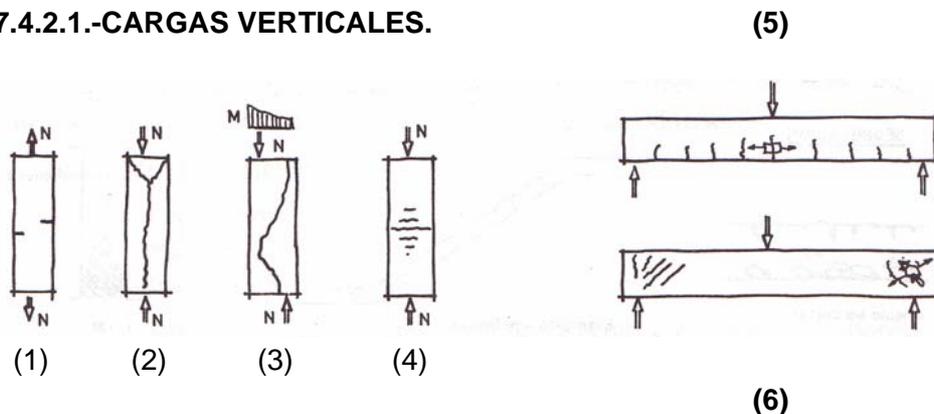


Fig. 10.



Como ya hemos dicho antes, estas cargas son producidas por los pesos producidas por los pesos que gravitan en el muro, y pueden descomponerse en concarga (peso propio más cargas permanentes) y sobrecargas.

Debido a sobrecargas imprevistas o a la incapacidad de asumir los esfuerzos de proyecto, se someten los materiales a tensiones excesivas que provocan la aparición de distintos tipos de fisuras, que pueden clasificarse de la siguiente manera:

-Por tracción: Fisuras perpendiculares al esfuerzo. (Fig. 10. 1).

-Por compresión: Son paralelas al esfuerzo en el caso de compresión simple, (fig. 10.2) este es el caso en la fachada que estudiamos. Vemos que la fisura es paralela al esfuerzo que produce el peso del contrafuerte, y curvas si existe momento. (Fig. 10.3).

-Por flexión: Son numerosas y juntas, perpendiculares o inclinadas, según la proximidad de la carga al apoyo. Aparecen en la cara de tracción disminuyendo hasta la fibra neutra. (Fig. 10. 5).

-Por pandeo: Es un caso particular de la flexión, con fisuras perpendiculares a la directriz del elemento en el vano. (Fig. 10. 4).

-Por cortante: Son fisuras mucho más peligrosas que las de flexión por rapidez del proceso de aparición y aumento hasta la rotura. Producen roturas por tracción según diagonales. (Fig. 10. 6).

7.5.- LESIÓN POR OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS EN LA FACHADA NORTE.

7.5.1.-DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO.

Solamente los metales nobles (oro, platino, y en menor proporción, la plata) se encuentran en estado puro y estable en el medio circundante. El resto de los metales han debido extraerse de minerales: óxidos, sulfuros, carbonatos... etc.; y son éstos los que representan el estado estable del metal. Ha sido necesaria una energía para transformar el mineral en metal, y éste último manifiesta propensión espontánea a convertirse de nuevo en óxido, sulfuro o carbonato. Estos procesos, genéricamente de OXIDACIÓN, se dan bajo ciertas condiciones que a continuación explicamos:

La oxidación puede ser DIRECTA Y ELECTROQUÍMICA. La **oxidación directa**, o en seco, aparece cuando el metal está en contacto con el oxígeno del ambiente seco. Se forma en el metal una película de óxido, en general protectora, impidiendo la continuidad de la oxidación. Pero el medio ambiente es húmedo en el

mejor de los casos, por lo que la oxidación se produce por acción conjunta del oxígeno y de la humedad, dando lugar a una **oxidación electroquímica**, como Es el caso en la **fachada Norte de la iglesia**, ya que la humedad está presente sobre todo, por la infiltración del agua de lluvia a través de la cubierta, los elementos metálicos de las ventanas se oxidan electroquímicamente por este motivo. Fig. 11.

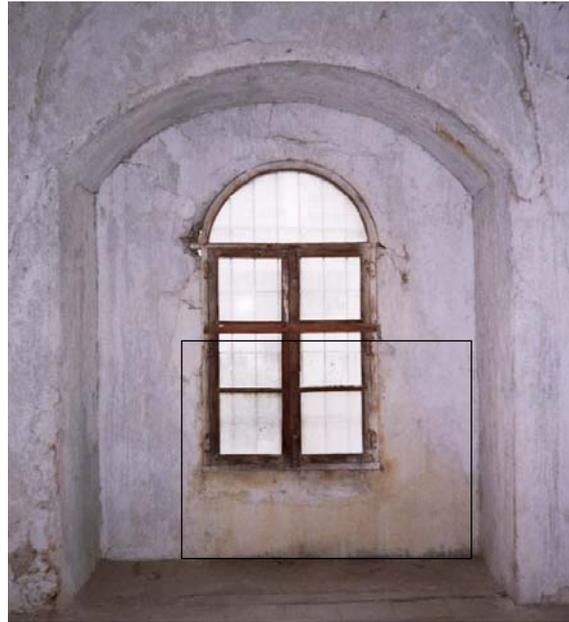


Fig.11. Oxidación electroquímica por infiltración del agua de lluvia de los elementos metálicos de la ventana en el interior de la fachada Norte de la iglesia.

A estos agentes agresivos fundamentales de ha de añadir la posible presencia de agentes acelerantes: los gases contaminantes de la atmósfera provenientes de la industria o de la combustión de carburantes en nuestro caso provienen del tráfico rodado, que circula en las inmediaciones de la iglesia.

Para explicar mejor el fenómeno de oxidación electroquímica diremos que éste puede darse bajo las siguientes circunstancias:

- De metal más electrólito en disolución.
- Por par galvánico.
- Por aireación diferencial.
- Por acción intergranular.

De metal más electrólito en disolución. En presencia de polvo o de suciedad, y con un determinado grado de humedad en el aire (por ejemplo para el acero, del 60%) el polvo fija la humedad y aporta sales, la oxidación del metal en estas condiciones es un fenómeno electroquímico.

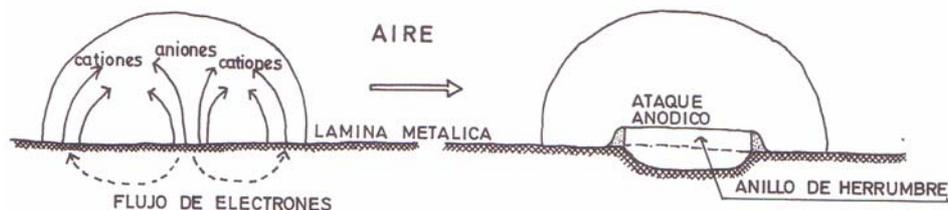
Para que la corrosión electroquímica suceda es condición suficiente que concurra cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Que la superficie del metal no sea homogénea.
- Que haya polvo o suciedad.
- Que haya óxido inicial.
- Que el metal esté compuesto por cristales con distinto potencial electroquímico.

Par galvánico. Es un proceso por el cual, de dos metales en una determinada solución, uno de ellos (el más electronegativo) acaba por disolverse.

Un metal en contacto con una solución acuosa determinada se ioniza. Al emitir electrones adquiere un potencial electroquímico. Este potencial depende principalmente de la naturaleza de la solución; es decir, para cada solución se puede establecer el valor de dicho potencial para cada metal.

Por aireación diferencial. La aireación facilita la formación de un par electrólito. La parte aérea es el cátodo y la otra es el ánodo, la que se corroe. La aireación diferencial explica la acción de una gota de agua sobre una lámina de metal:



Se forma, en el centro de la gota, una zona anódica donde el metal es atacado, porque la zona más aireada es catódica.

Ejemplo: En elementos metálicos horizontales encontramos frecuentemente oxidaciones puntuales o picaduras causadas, en gran parte, por las gotas de rocío según un proceso como el indicado.



Por acción intergranular. Este proceso de corrosión es propio de las aleaciones metálicas. Errores cometidos en el proceso de obtención de la aleación – tratamiento térmico impropio, proporciones inadecuadas de alguno de los metales, etc.- traen como consecuencia que el metal se separe en cristales individuales, teniendo, pues, los metales mezclados y una amplia gama de posibilidades de pares galvánicos.

El estudio de la corrosión intergranular tiene suma importancia en los aceros inoxidable, ya que la corrosión en ellos se debe, en la mayoría de los casos, a este fenómeno y al de aireación diferencial ya descrito.

7.6.-LESIONES POR SUCIEDAD EN LA FACHADA NORTE.

7.6.1.-DEFINICIÓN DE LA LESIÓN.

La suciedad aparente en la fachada de un edificio es el resultado de la acumulación de partículas de polvo atmosférico, o de otros elementos en suspensión en el aire que está en contacto, sobre la superficie de dicha fachada y, sobre todo, dentro de los poros de la misma.

Evidentemente, cuanto mayor sea la cantidad de partículas en suspensión en la atmósfera, y cuanto más porosa sea la fachada, (como es nuestro caso por tratarse de ladrillo cerámico) mayores serán las posibilidades de ensuciamiento de la misma. Pero éstos no son los únicos factores que intervienen. Por ello, veamos primero el “proceso de ensuciamiento de una fachada” y analicemos después los distintos “agentes” que intervienen.

7.6.2.-PROCESO DE ENSUCIAMIENTO.

Las partículas en suspensión en el aire, bien sean del polvo atmosférico, bien sean minerales y sus óxidos provenientes de la combustión de diferentes productos, tienden a depositarse en las superficies de los obstáculos que encuentren a su paso, y por tanto, lo hacen también sobre las fachadas de los edificios. Una vez depositadas permanecen en dichas superficies retenidas, tanto por la tensión superficial que se crea, como por la simple rugosidad de la fachada, que establece plataformas horizontales microscópicas donde se pueden alojar las partículas.

Esa tensión superficial crece con la humedad por lo que, cuanto mayor sea ésta, mayor será la acumulación de partículas. Pero si la humedad es intensa, como es el caso de que aparezca la lluvia, el agua, por efecto de capilaridad, tiende a introducirse en los poros superficiales de la fachada, arrastrando consigo las partículas que se habían alojado en la superficie exterior, y lo hará tanto más cuanto mayor sea

el efecto de la capilaridad y más importante sea la presión del agua desde el exterior (fig.12).

Sin embargo otras veces, cuando la fuerza de arrastre del agua por la superficie es importante, bien porque la intensidad de lluvia es mayor, bien porque la inclinación de la superficie de la fachada así lo facilita, se anula el efecto de capilaridad y las partículas son arrastradas por el agua que escurre hacia abajo, evitando el ensuciamiento y produciendo, incluso, el lavado de partes de la superficie por eliminación de partículas depositadas. Una vez que se llega de nuevo al reposo, al disminuir la escorrentía del agua, la acumulación de partículas arrastradas y la permanencia del agua facilitan de nuevo el efecto de capilaridad con arrastre de gran cantidad de partículas al interior de los poros, y por lo tanto, un efecto de ensuciamiento localizado, formándose los conocidos chorretones. Como veremos, este cambio de velocidad del agua de arrastre no se produce sólo por efecto de variación de la intensidad de la lluvia, sino también por los cambios de inclinación de la superficie, obstáculos de fachada, etc.

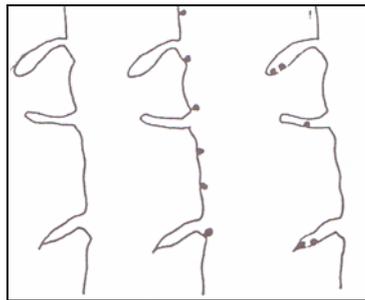


Fig. 12.

7.6.3.-CAUSAS QUE PRODUCEN ENSUCIAMIENTO.

Analicemos ahora las distintas causas que intervienen en el proceso:

Partículas contaminantes.

La iglesia está en zona urbana y por lo tanto las que más le pueden afectar son el polvo atmosférico, el tráfico rodado y los agentes orgánicos.

Polvo atmosférico.

Se define como el conjunto de elementos sólidos de cualquier forma, estructura y densidad, dispersos en el aire con tamaños de partículas comprendidos entre 0,1 y 1000 μm .



Suelen comprender, tanto constituyentes inorgánicos (arena, hollín, cenizas y otros) como orgánicos (semillas, polen, etc.). Cuando las partículas, sólidas o líquidas tienen tamaños entre 0,0001 y 0,1 μm . Reciben el nombre de *aerosoles* (calina, niebla, humo de tabaco, etc.).

El contenido de polvo atmosférico del aire varía según las características geográficas, atmosféricas y climáticas, y el tamaño mayor de estas partículas varía entre 1 y 15 μm de diámetro.

En cuanto a los aerosoles, dado que su formación resulta de un proceso dinámico en el que, por una parte, se forman continuamente partículas y por otra, desaparecen por sedimentación, aglomeración o coagulación formando unidades más pesadas que son arrastradas en las precipitaciones atmosféricas, puede considerarse que la vida media de las partículas es un mes.

Tráfico rodado.

Como consecuencia de la combustión de los motores se producen los siguientes compuestos, que varían según el tipo de carburante:

- Monóxido de Carbono (CO).
- Óxido de Nitrógeno (NO).
- Compuestos diversos del plomo.
- Hidrocarburos.

Todos ellos pueden pasar a formar parte del polvo atmosférico o de los aerosoles.

En el caso del óxido de nitrógeno y de ciertos hidrocarburos, pueden producirse reacciones fotoquímicas por acción de la luz solar en las capas altas de la atmósfera, derivando en componentes peligrosos para la vida de animales y plantas, como el Peroxiacetilnitrato (P.A.N).

Agentes orgánicos.

Además del tipo de ensuciamiento visto hasta ahora, aparece, aunque con mucha menor frecuencia, un tipo de suciedad producido por la aparición de hongos y mohos sobre superficies de fachadas con una humedad continuada y poco soleamiento que conviene analizar, aunque sea brevemente, y comentar sus posibles reparaciones.

Los mohos y fungosidades son organismos vivos microscópicos vegetales de la familia de las criptógamas agrupadas en:

- Fucus o líquenes.
- Ascomicetes u hongos tubulares y pectinifórmeos (penicilinas y aspergillus).

ESTADO ANTERIOR A LA ÚLTIMA INTERVENCIÓN (2004).

Fig. 13. Suciedad por agentes orgánicos (moho) y por polvo atmosférico y tráfico rodado.



Fig. 14. Costras de suciedad por polvo atmosférico y tráfico rodado.
ESTADO ACTUAL.



Se adhieren a las superficies húmedas y porosas que les ofrecen una rugosidad y un grado de humedad apto para su crecimiento, como son partes de fachada que, por su orientación y situación relativa con respecto a otros edificios o a otros cuerpos salientes, no disfrutan apenas de soleamiento, incluso durante el verano.

Pueden presentar distintos colores (blanco, rosado, verdoso o parduzo) dominando los verdes, dependiendo de su micelio que suele ser grueso y algodonoso. Tienen además una abundante producción de gases que se hacen perceptibles en lugares cerrados.

La humedad les puede llegar desde el exterior (humedad relativa del aire, lluvias...) o desde el interior, gracias a la condensación superficial del vapor de agua que llega de los espacios habitados. También la humedad de la obra, si no llega a secar lo suficiente, produce hongos.

El efecto final son esas manchas de color verdoso o parduzco que suelen aparecer más o menos localizadas en fachadas orientadas al norte o en rincones húmedos.

Podríamos considerar otros agentes que influyen en el proceso de ensuciamiento:

-Agua.

La cual se presenta básicamente en dos formas:

-Vapor de agua en suspensión, que dependerá de la humedad relativa.

-Agua de lluvia. Las gotas de agua que llegan a la fachada con una energía cinética determinada que depende de:

-El tamaño de la gota.

-La inclinación de la caída, que depende a su vez del viento.

-Viento.

Es el agente que determina la inclinación y la fuerza de impacto del agua de lluvia sobre las fachadas con un efecto desigual de las mismas.

A mayor fuerza de incidencia de la gota de agua, más intensidad de lavado de la superficie por arrancamiento de las partículas de depósito. Por ello se puede



observar que las superficies de fachada más azotadas por el viento suelen permanecer más limpias.

En líneas generales, podemos decir que el efecto de limpieza del viento, tan solo, como impulsando el agua de lluvia, es mayor en las zonas más expuestas, a saber:

-Zonas altas, de coronación de edificios, tanto o más cuanto menos edificios se hallen en las proximidades.

-Esquinas de los edificios.

-Zonas posteriores a obstáculos perpendiculares a la acción del viento, por efecto de remolino.

-Material de fachada.

Juega un papel fundamental en el proceso de ensuciamiento debido fundamentalmente a su porosidad. Como ya hemos indicado, a mayor porosidad más facilidad para el depósito de partículas y, por tanto, para su penetración, arrastradas por el agua. La fachada que estamos analizando en su gran mayoría está compuesta de ladrillo visto y éste al ser un material cerámico es lo bastante poroso y favorece por tanto, el ensuciamiento por la penetración de partículas.

Pero la porosidad, por sí sola, no nos da con suficiente precisión la capacidad de ensuciamiento ante las mismas condiciones de presión de agua y depósito superficial de partículas. Debemos conocer, además, su coeficiente de absorción del agua, que facilitará la entrada de ésta con partículas, y que dependerá básicamente de la estructura, tamaño y tipo de poros.

Nos interesa distinguir dos tipos básicos:

-Celulares.

-Tubulares.

Los **celulares** son más bien esféricos y, a su vez, pueden estar conectados entre sí, y al exterior (célula abierta) o ser independientes (célula cerrada) aunque en éstos últimos, en cualquier caso, estarán en contacto con el exterior los que coincidan con el plano superficial de la fachada.

Por su forma, facilitan el depósito de partículas, pero no favorecen la entrada del agua más que dentro de cada poro, sobre todo los cerrados. Los abiertos, sin embargo, sí pueden facilitarla al producir estrechamientos que facilitan la tensión

superficial, pasando el agua sólo hasta la célula siguiente; allí, si no tiene presión desde el exterior, se produce una depresión por ensanchamiento del poro y el agua se para. En definitiva, la suciedad no profundiza demasiado (fig. 15).

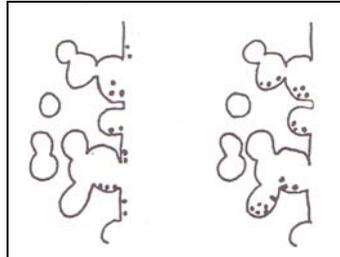


Fig. 15.

Los **tubulares** tienen forma longitudinal, más o menos serpenteante, y pueden estar conectados entre sí con más facilidad y, por supuesto, en contacto con el exterior.

Por su forma, facilitan la entrada de agua por capilaridad (capilares) máxime cuando tienen forma cónica con el vértice hacia dentro, pues la mayor proximidad de las paredes aumenta la tensión superficial y acelera la velocidad de succión (fig. 16). Esta depende del diámetro del capilar, de tal manera que si éste es muy fino, la tensión es muy grande y el agua penetra con facilidad, incluso puede ascender, arrastrando consigo las partículas más finas, como hemos dicho al hablar de las humedades.

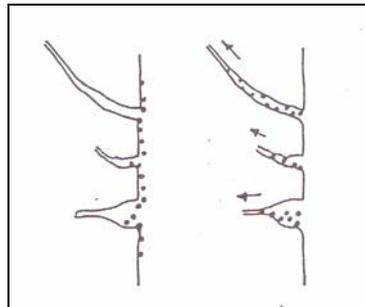


Fig. 16.

-Geometría de la fachada.

Es uno de los agentes más importantes para el conjunto del ensuciamiento de una fachada, y junto con el material, forman el único binomio en el que se puede intervenir a nivel de proyecto para tratar de evitar el efecto del ensuciamiento.

Para contemplar este agente hay que partir de la base de que la suciedad (la contaminación atmosférica) no la podemos evitar, pero sí podemos tratar que el ensuciamiento de una fachada sea lo más uniforme posible para que su aspecto no se altere sustancialmente.

Dentro de la geometría de una fachada podemos considerar tres aspectos básicos:

- Inclinación del plano con respecto a la horizontal.
- Inclinación vertical de los planos y ángulos que forman entre sí.
- Relieves y texturas generales. (Fig. 17).



Fig. 17. Los relieves de las cornisas favorecen el ensuciamiento de la fachada.

7.7.- LESIONES POR DESPRENDIMIENTO DE LOS MATERIALES EN LA FACHADA NORTE.

7.7.1.- INTRODUCCIÓN.

Podemos definirlo como la separación entre ciertos materiales y elementos constructivos de la base a la que se encuentran adheridos (morteros, revocos...), otras veces el propio material componente de la fachada es el que se deteriora (ladrillo sobre todo en nuestro caso).

La consecuencia de esta lesión es doble; por una parte el deterioro estético del edificio y por otra la peligrosidad que conllevan los desprendimientos en los transeúntes que circulan por las aceras.

7.7.2.- ¿DÓNDE SE HALLA Y POR QUÉ?

En algunas edificaciones la lesión se halla generalizada ocupando la mayor parte del edificio, en estos casos se trata sin duda alguna de mala ejecución de la obra, además de la posible incidencia de la calidad de los materiales empleados. Otro factor de gran importancia en la aparición de las lesiones está en el error de



proyecto, bien por insuficiente estudio constructivo del tema, bien por la elección de soluciones erróneas.

Estos problemas quedarán resueltos cuando más adelante, en la propuesta de intervención, se vean las soluciones correctas, tanto en la elección del material, como en la ejecución del elemento constructivo de los desprendimientos más localizados, que solamente ocupan parte de nuestra fachada.

En la aparición de esta lesión, además de la calidad de los materiales y de su correcta utilización y ejecución, existen otros agentes o circunstancias exteriores que influyen considerablemente.

Podemos reducirlos a tres básicos:

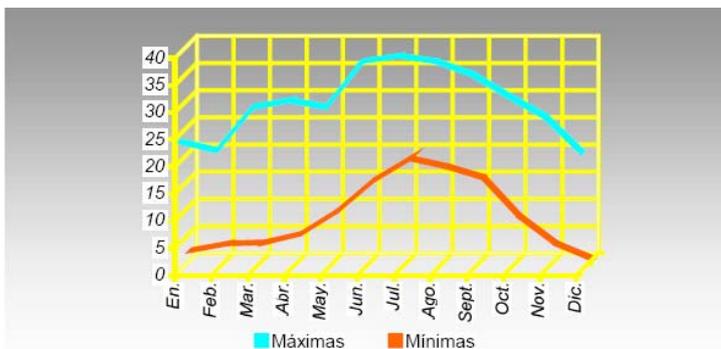
- Antigüedad.
- Orientación.
- Exposición.

La antigüedad del edificio es un factor importante, sobre todo en el caso de nuestra fachada, porque supone, la pérdida de las características intrínsecas del material, los morteros pierden adherencia y los materiales constitutivos de la fachada se deterioran por la erosión debida a agentes atmosféricos o de otro tipo, apreciándose un aumento de lesiones en fachada con la antigüedad del edificio.

La orientación es importante por su relación con los agentes atmosféricos, influyendo en la aparición de lesiones de los cambios bruscos de temperatura, la incidencia de agua de lluvia, etc...

La orientación de la fachada es norte, la humedad es más constante que en cualquier otro lateral de la iglesia.

Para ver los cambios de temperatura sufridos en Murcia en un año, a continuación se expone el siguiente diagrama:



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología. Centro Meteorológico Territorial de Murcia.

Fig. 18. Evolución de las temperaturas absolutas máximas y mínimas en 2004 en Murcia.

La exposición, es el tercero de estos agentes y va íntimamente relacionado con la orientación.

La exposición, puede afectar a toda la fachada del edificio o solamente a parte de ésta; cuanto mayor sea el grado de exposición, menos protegido estará el edificio ante los ataques de agentes atmosféricos.

En el grado de exposición influyen varios factores, uno es el de la proximidad de otras edificaciones (la fachada norte de la Iglesia de Santo Domingo vuelca a una calle peatonal, la calle Basabe), otro es la altura de la zona afectada dentro del edificio (a mayor altura, mayor exposición, excepto los bajos a ras de suelo que se encuentran sometidos a agresiones mecánicas y humanas, salpicaduras de agua en las calzadas, etc...); otro factor es la situación de la parte afectada dentro del edificio, en esquina, en el centro de la fachada, o protegida por el propio diseño del edificio.

Además de estos agentes mencionados, existen otras muchas causas que influyen en la aparición de estas lesiones, siendo tan diversas y variables que sería difícil relacionarlas con grandes grupos.

Resumiendo, podríamos indicar como principales causantes de los desprendimientos los siguientes:

-Error de proyecto, tanto en diseño como en soluciones constructivas adoptadas.

-Mala ejecución de las soluciones constructivas.

-Condiciones ambientales, clima, agentes atmosféricos...

-Agresiones mecánicas, especialmente en las partes bajas de los edificios.

En el caso de nuestra fachada:



Fig. 19. Desprendimiento en revestimiento.



Fig. 20. Desprendimiento de ladrillos.

7.7.3.-OTRAS LESIONES EN LOS REVESTIMIENTOS CONTINUOS ENCONTRADOS EN INTERIOR DE LA FACHADA.

Decoloraciones claras.

Se trata de cambios de tonalidad en el aspecto exterior de los revestimientos, que se producen habitualmente por succión irregular, debida a la heterogeneidad de los elementos que conforman el soporte. También pueden deberse al empleo de distintos porcentajes de agua en amasados diferentes. (Fig. 21).



Fig. 21. Decoloraciones claras en el interior de la iglesia.

Para evitarlas se debe cuidar el espesor del revestimiento procurando que sea el mayor posible en la capa de terminación. También hay que cuidar las dosificaciones de la mezcla, manteniendo su uniformidad, en especial a lo que cantidad e agua se refiere, así como ordenar los tajos adecuadamente, para que las interrupciones entre las jornadas de trabajo, se realicen en lugares disimulados.

Estas decoloraciones suelen desaparecer con la pintura, en especial cuando se aplica una capa de imprimación antes de pintar. Por tanto existe más peligro de que parezcan en los revocos coloreados en masa, que son en los que hay que tomar más precauciones.

Espectro de juntas.

Se trata de cambios de tonalidad de la superficie del revestimiento, siguiendo el dibujo de las juntas de la obra de fábrica. Se originan por una diferente porosidad en el soporte, entre las piezas que constituyen la fábrica y sus juntas. Dicha diferencia de porosidad origina absorciones diferentes de vapor de agua o distintas acumulaciones de polvo, que causan las diferencias en la tonalidad en las partes más húmedas. (Fig. 22).



Fig. 22. Fenómeno de espectro de juntas en el interior de la iglesia.

La corrección de este defecto pasa por utilizar un espesor suficiente en el revestimiento, que homogeneice la absorción superficial del vapor de agua. En caso de que haya aparecido puede ser necesario rehacer total o parcialmente el revestimiento, aunque normalmente bastará con aumentar una nueva capa en el mismo.

7.8.- EROSIONES DE LOS MATERIALES EN LA FACHADA NORTE.

7.8.1.- DEFINICIÓN.

La erosión se puede definir como el efecto destructor y de arrastre producido por los agentes externos en los materiales, que provoca la desaparición progresiva de los mismos, en ocasiones, hasta su total destrucción.

Los materiales siempre se han erosionado sometidos a un proceso de alteración natural debido a la acción de los agentes atmosféricos, pero esta alteración

siempre se ha producido de una manera lenta (fig. 23) y, rara vez, ha sido de preocupación. De unos años a esta parte se ha podido comprobar cómo, en determinadas ocasiones, los materiales de las fachadas se han alterado rápidamente. Esta aceleración es debida principalmente al aumento de agresividad de las atmósferas urbanas e industriales, cada vez más contaminadas.



Fig. 23. El ladrillo erosionado es una de las constantes de la fachada Norte de la iglesia, perdiendo casi sus dimensiones y forma original, todo ello debido a un proceso lento, de muchos años.

7.8.2.-PROCESO.

Para analizar el proceso de erosión hay que tener en cuenta dos tipos de factores:

-Los intrínsecos del material, relativos a las características estructurales y físicas, así como a la composición química del mismo.

-Los extrínsecos o ambientales que alteran los materiales, tales como:

-Los agentes naturales:

-El agua.

-El sol.



- El viento.
- Los organismos vivos.
- La contaminación atmosférica.

Además de estos factores, cabe considerar las variaciones que induce el factor tiempo.

En las erosiones se pueden señalar dos pasos consecutivos:

- La alteración del material por los agentes señalados anteriormente.
- La desaparición progresiva de material llevada a cabo por:
 - La fuerza de la gravedad.
 - El agua.
 - El viento.
 - Los organismos vivos.

7.8.3.-ALTERACIONES.

Hasta la desaparición del material actúan, en general, varios de los que hemos llamado factores extrínsecos y de diversas maneras:

-Físicamente, al producir cambios en la forma sin alterar la composición química de los elementos.

-Químicamente, si producen cambios en la composición mineralógica de los productos.

-Biológicamente, si el que la produce es un organismo vivo. Este grupo en realidad es un subgrupo de los anteriores.

Las **alteraciones físicas**. Las más comunes son las producidas por alguno de los siguientes agentes:

- El **agua**, que actúa de muy diversas maneras:
 - Con el efecto mecánico del agua de lluvia que azota las fachadas desprendiendo y arrastrando partículas de material.



-Con el efecto disolvente del agua que actúa sobre las sales solubles del material; estas sales, o bien son arrastradas hacia el exterior, o bien al evaporarse el agua cristaliza en el interior de los poros (criptoflorescencias) con aumento de volumen, originando tensiones internas en el material, pudiendo llegar a causar la destrucción del mismo (alteración físico-química).

El mismo fenómeno se produce cuando las sales son arrastradas por el agua desde el terreno o de otros materiales adyacentes.

-Con los cambios de volumen que experimentan algunos materiales al humedecerse, como ciertas piedras areniscas.

-Con la transformación del agua de hielo. En los materiales porosos el agua puede penetrar en el interior y al helar y aumentar de volumen (9%) si el material está saturado y es poco deformable, rompe, se disloca o exfolia superficialmente y caen esquirlas con facilidad.

-El **viento**. La acción del viento es puramente mecánica, puede transportar partículas que lanza contra las fachadas desgastando la superficie, o arrastrar las partículas ya disgregadas.

Por otro lado, la velocidad del viento sobre la superficie influye en la evaporación del agua, y la posible cristalización de las sales ya disueltas.

-El **sol**, que calienta los cerramientos, produciendo cambios térmicos (al desaparecer) que se traducen en cambios de volumen que originan tensiones internas que, si el material no es capaz de resistir, pueden provocar grietas.

Indirectamente el sol, al elevar la temperatura, modifica la humedad de los poros y contribuye a acelerar ciertas reacciones químicas.

Alteraciones químicas. En las alteraciones químicas cabe distinguir entre los materiales a los que afectan, principalmente pétreos, hormigones y morteros.

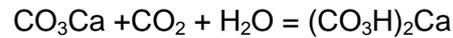
Las alteraciones químicas en los **materiales pétreos** son debidas a agentes contaminantes como:

-El *dióxido de carbono* (CO₂) que procede de dos fuentes: del cielo, de la biosfera, y de las actividades industriales.

El dióxido de carbono acidifica las aguas de lluvia, incrementando fuertemente la velocidad de solución de las rocas calizas o de aquellas que contengan elementos



calcáreos, debido a la transformación del carbonato cálcico (poco soluble) en bicarbonato cálcico (soluble).



Este agente produce la alteración de la piedra, en principio de los granos más finos que sirven de conglomerante, dejando a las piedras sumamente porosas y en malas condiciones para resistir a otros agentes agresivos. A veces la evaporación del agua, en el exterior, da lugar a concreciones al depositarse el carbonato cálcico.

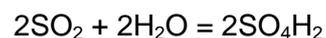
En la fachada que nosotros estudiamos al ser en su mayoría de ladrillo, no se da este fenómeno porque, se limita a fachadas construidas con materiales cuyos principales componentes sean el carbonato cálcico y el carbonato magnésico.

-El *dióxido de azufre*, SO_2 , procede de la combustión de hidrocarburos y carbón mineral.

Este dióxido sufre un proceso de oxidación (posible por la presencia de catalizadores) transformándose en trióxido de azufre SO_3 ,



como es higroscópico, como no existe como tal y se combina con el agua,



la acción del ácido sulfúrico sobre los materiales calizos llega a producir sulfato cálcico anhidro, esta disolución se precipita en forma dihidra y yeso, formándose en el exterior, en forma de costra que puede desaparecer por disolución, o bien en el interior, donde el aumento de volumen al hidratarse la anhidrita (32%) produce la desintegración de la piedra.

Este ataque afecta a las calizas que van desintegrándose y desapareciendo, y a las areniscas calizas que se convierten en yeso envuelto en arena.

-Los *fluoruros*, presentes en la atmósfera por la contaminación industrial. Los aerosoles de fluoruros, sí actúan en medios ácidos (aguas de lluvia ácidas debido a la presencia de dióxido de azufre) reaccionan con la sílice de manera similar a como la haría el ácido fluorhídrico, produciendo tetrafluoruro de silicio, compuesto muy volátil,





Causando importantes alteraciones en los componentes silíceos de los materiales pétreos.

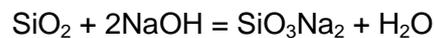
Las alteraciones de hormigones y morteros, éstos últimos más importantes para la fachada de estudio por los revestimientos del ladrillo (enfoscados y revocos), son debidas principalmente a la acción de:

-Los *sulfatos*, que reaccionan con los aluminatos, formando el sulfoaluminato tricálcico o sal de Candlot, que puede aumentar notablemente de volumen debido a la hidratación de la fracción sulfatada, disgregando el hormigón.

Los sulfatos también pueden reaccionar con el hidróxido de cal (cal apagada) formando sulfato cálcico dihidratado (yeso) que al hidratarse produce una expansión.

El sulfato magnésico es el que actúa más enérgicamente. Para evitar estos ataques se añaden puzolanas al cemento Pórtland.

-Ciertos áridos silíceos son atacados por los álcalis del cemento formando silicatos alcalinos,



Que producen un aumento de volumen por ósmosis de los geles formados.

Los áridos atacables son las sílices opalinas, la calcedonia, la riolita y la andesita, y los cementos que las atacan son aquéllos con un tanto por ciento de álcalis K_2O , Na_2O , mayor del 6%.

Alteraciones biológicas.

Son muy variadas; las más frecuentes son las producidas por:

-Los **microorganismos**, entre los que se encuentran las biobacterias que pueden transformar el azufre en ácido sulfúrico, los antinomicetos que atacan a la piedra arenisca y las bacterias nitrificantes que se suelen desarrollar sobre las calizas, entre otros.

-Los **líquenes**, que segregan ácidos orgánicos, que disgregan los materiales, y conservan la humedad favoreciendo otras alteraciones.

-Las **plantas superiores**, cuya acción destructora se centra principalmente en el efecto de cuña provocando por el crecimiento de las raíces



que se han introducido, en la fachada, por grietas y hendiduras. Estas plantas pueden crecer, principalmente, en zonas horizontales donde se ha ido acumulando polvo y han crecido líquenes y musgos, o bien pueden ser plantas trepadoras, que aunque plantadas en el terreno, suben por las paredes introduciendo sus raíces. Este ataque es más acusado en zonas muy húmedas.

-Las **personas**, que por el roce continuado en las zonas de paso desgastan notablemente las fachadas, sobre todo las esquinas y salientes, dejando las superficies pulidas. Indirectamente son causantes de muchas de las alteraciones.

7.9.- LESIONES ESTÉTICAS EN LA FACHADA NORTE.

7.9.1.- DEFINICIÓN DE LA LESIÓN.

Aquellas unidades o elementos constructivos situados en el plano de fachada e implantados con posterioridad al levantamiento de ésta podrán ser objeto de lo que denominaremos “lesiones estéticas”. Generalmente son añadidos ejecutados sin control técnico o con incumplimiento de normativas. No siempre son añadidos de carácter funcional; los hay de carácter ornamental y publicitario. Sería arriesgado decir que todas estas intervenciones son lesiones estéticas, como ocurre cuando en ellas ha habido un criterio estático, pero en muchos casos su colocación no encaja compositivamente en la fachada, aportando una distorsión formal importante que, en muchas ocasiones, es origen de una lesión física de otro tipo.

7.9.2.-ORÍGENES.

El origen de las lesiones debe centrarse en el individuo y en las instituciones públicas, por su falta de rigor.

En efecto, el deseo de representatividad de cada usuario en una sociedad fuertemente incentivada para el acceso a la propiedad de la vivienda, ha forzado a completar y a prolongar las viviendas que carecían de casi todo, tratando de imprimir en su fachada cierta personalidad, la mayor parte de veces, mal entendida.

En el pasado las modificaciones se producían con limitados medios artesanales, con determinados materiales y se escalonaban en el tiempo, apenas se producían afecciones importantes.

También la ausencia de normativas y cumplimiento de planes y ordenanzas en la sociedad fuertemente expansionista de los años 60, permitió la aparición del mayor número de lesiones de este tipo en nuestras edificaciones.

Empresas estatales o paraestatales han asumido el papel de “lesionador” incorporando cables y otros objetos en las fachadas, fuera de su composición formal.

7.9.3.-TIPOS DE LESIONES ESTÉTICAS ENCONTRADAS EN LA FACHADA.

En la fachada encontramos, principalmente tres tipos de lesiones estéticas:

-El **graffiti**, es el tipo de lesión que incumple la normativa, es un acto bandalico. Lo podemos apreciar en las fachadas de la ciudad de un corto tiempo hasta ahora. (Fig. 24).

-Los **focos** (fig. 25) **para la iluminación de la fachada y las conducciones eléctricas** provenientes de las compañías eléctricas. Hoy en día se intenta paliar este defecto al ser estas conducciones canalizadas debajo de las aceras.

-La **placa de rotulación** con el nombre de la calle, el causante es el Ayuntamiento. (Fig. 26).



Fig. 24.



Fig. 25.



Fig. 26.

7.10.- LESIÓN POR EFLORESCENCIA EN LA FACHADA NORTE.

7.10.1.-DEFINICIÓN.

La eflorescencia es un fenómeno que se produce en la superficie de los cerramientos consistente en la recristalización de sales que han llegado a ésta disolución, originando manchas, generalmente blancuzcas, en los cerramientos en los



que intervienen materiales porosos como ladrillo (figs. 27.), piedra, hormigón, morteros y yeso.

7.10.2.-PROCESO.

Para que aparezcan eflorescencias es necesaria la presencia de sales en disolución. Estas sales, procedentes de los mismos materiales, de otros en contacto con ellos, del terreno, producidas por reacciones químicas, etc., son transportadas por el agua a través de los cerramientos hasta que se produce la recristalización, lo que puede suceder en la superficie o en el interior del material, dependiendo de la naturaleza de las sales, de la porosidad de los materiales y las condiciones de evaporación. Estas sales recristalizadas son las que aparecen en forma de manchas que afean el aspecto exterior de los cerramientos, o bien los deterioran si se produce el fenómeno en su interior (criptoeflorescencias).

7.10.3.-AGENTES.

Los agentes que producen esta lesión son, básicamente, el agua y las sales o, más exactamente, su disolución y posterior arrastre de éstas hacia el exterior.

-El agua. La procedencia del agua es muy variada, pudiendo distinguirse entre:

-Agua de construcción, o agua de obra, que va saliendo al exterior a medida que se seca el edificio, produciendo las primeras eflorescencias.

-Agua de lluvia infiltrada desde el exterior, por absorción o por grietas y fisuras siguiendo un recorrido de ida y vuelta según los períodos húmedos y secos.

-Vapor de agua procedente del interior del edificio, que se condensa intersticialmente, disolviendo las sales del material del cerramiento y arrastrándolas en su camino hacia el exterior.

-Agua procedente de grietas en cubiertas (o roturas de tuberías pero no en este caso). Tiene un efecto similar a los anteriores, teniendo que arrastrar las sales disueltas hacia el exterior, independientemente de las condiciones climáticas.

-Las sales. En los ladrillos suelen existir sulfatos procedentes del ataque de los óxidos del azufre y del oxígeno, formando



principalmente sales alcalinas como el sulfato sódico, llamado sal de Glauber, y sales alcalino-térreas, como el sulfato de magnesio, sal de Empson, aunque también es posible encontrar otro tipo de sales como las de vanadio, que dan lugar a manchas amarillo verdosas (en nuestro caso son de un color blancuzco, por lo tanto no son sales de vanadio).

Los morteros pueden provocar eflorescencias en los materiales adyacentes, generalmente de sulfato de sodio y sulfato de potasio.

También es frecuente que las sales procedan del terreno, generalmente de sustancias orgánicas, nitratos de sodio y potasio; de la atmósfera (en el caso de ambientes marinos, cloruros, aunque no es nuestro caso); del uso de productos inadecuados para la limpieza de fachadas, que provocan reacciones químicas y de procedimientos incorrectos, que generan sales solubles⁴.



Fig. 27. Eflorescencia visible en forma de manchas blancuzcas en el ladrillo.

⁴ Los puntos 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, y 7.10, pertenecen al libro: "Patología de fachadas urbanas" del Dpto. De Construcción ETSAV. De la Universidad de Valladolid. Cuyas páginas son para cada punto respectivamente: (341-359); (115-135); (189-217); (273-291); (383-393); 437; (97-104).