

TFG

LA OXIDACIÓN DE SOPORTES FÉRREOS EN ESCULTURA CONTEMPORÁNEA. ESTUDIO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE LA OBRA “HOMENAJE A MANOLO GIL” DE J. OTEIZA.

(CAMPUS ESCULTÒRIC UPV).

Presentado por María José Sánchez Moreno

Tutora: Montserrat Lastras Pérez.

Cotutora: Susana Martín Rey.

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de BB.CC.

Curso 2015 - 2016



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN.

En el presente Trabajo Fin de Grado se expone el estudio técnico y conservativo de la pieza escultórica “Homenaje a Manolo Gil”, del escultor Jorge Oteiza, ubicada en los jardines del Campus de la Universitat Politècnica de València (UPV), y perteneciente al Fondo de Arte y Patrimonio de la UPV (FAP).

Mediante un exhaustivo examen organoléptico, se analizaron las diversas patologías de las que consta la obra y se ha diseñado un procedimiento de intervención adecuado atendiendo a sus patologías y a la atmósfera urbana en la que se encuentra.

Se trabajó también en un plan de conservación preventiva que establece un mantenimiento periódico, tanto de la pieza escultórica como del área circundante, ya que esto permitirá una mejor perdurabilidad en el tiempo de la obra una vez realizada su intervención. Para la correcta conservación de la obra, se proponen una serie pautas, teniendo en cuenta el respeto a los valores estéticos, históricos, documentales y funcionales de la pieza objeto de estudio.

PALABRAS CLAVE.

Escultura contemporánea, oxidación, corrosión, Jorge Oteiza, Fondo de Arte y Patrimonio (UPV).

ABSTRACT.

In the present Work End of Degree the technical and conservative study of the sculptural piece "Homenaje a Manolo Gil", of the sculptor Jorge Oteiza, located in the gardens of the Campus of the Universitat Politècnica de València (UPV), and belonging to the Fund Of Art and Heritage of the UPV (FAP).

Through an exhaustive organoleptic examination, the various pathologies of the work were analyzed and an appropriate intervention procedure was designed, taking into account its pathologies and the urban atmosphere in which it is found.

We also worked on a preventive conservation plan that establishes a periodic maintenance of both the sculptural piece and the surrounding area, since this will allow a better durability in the time of the work once its intervention. For the correct preservation of the work, a series of guidelines are proposed, taking into account the respect to the aesthetic, historical, documentary and functional values of the object under study.

KEYWORDS.

Contemporary sculpture, oxidation, corrosion, Jorge Oteiza, Art and Heritage Fund (Polytechnic University of Valencia).

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, mi más profundo agradecimiento a mi tutora, Montserrat Lastras Pérez y a mi cotutora Susana Martín Rey por guiarme y prestarme la ayuda necesaria para la realización de este Trabajo Fin de Grado.

Agradezco a mi madre, y en general a toda mi familia, el apoyo incondicional, el ánimo y la comprensión recibidos durante esta bonita andadura, ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

Y por último, quiero agradecer a amigos, compañeros de clase, y profesores por estar ahí en los momentos buenos y malos durante estos cuatro años.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	7
3. METODOLOGÍA	8
4. EL FONDO DE ARTE Y PATRIMONIO	9
5. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA DE JORGE OTEIZA	11
5.1. EL AUTOR	11
5.2. HOMENAJE A MANOLO GIL: APROXIMACIÓN HISTÓRICA ...	12
6. DESCRICIÓN GENERAL DE LA PIEZA: ESTUDIO TÉCNICO	14
6.1. DATOS TÉCNICOS	15
6.2. MAPAS DE COTAS	16
7. ESTADO DE CONSERVACIÓN	17
7.1. CAUSAS FÍSICAS / MECÁNICAS.....	18
7.2. CAUSAS QUÍMICAS	20
7.2.1. Introducción a los procesos de corrosión	20
7.2.2. Mecanismos de corrosión	22
7.3. CAUSAS BIOLÓGICAS	24
7.4. CAUSAS ANTRÓPICAS	25
7.5. MAPAS DE DAÑOS	26
8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	29
8.1. ESTUDIOS ANALÍTICOS PREVIOS.....	29
8.2. FASES DEL PROCESO DE INTERVENCIÓN	30
8.2.1. Limpieza	30
8.2.2. Consolidación	32
8.2.3. Inhibición.....	33
8.2.4. Protección final	33
8.2.5. Reconstrucción volumétrica	33
8.2.6 Temporalización.....	34
9. CONSERVACIÓN PREVENTIVA	35
10. CONCLUSIONES.....	36
11. BIBLIOGRAFÍA	37
12. ÍNDICE DE IMÁGENES	39

1. INTRODUCCIÓN.

En este Trabajo Fin de Grado, quedan expuestas una serie de pautas a tener en cuenta para la realización de una buena propuesta de intervención de piezas escultóricas metálicas situadas a la intemperie y en atmósferas urbanas cercanas al mar. Para ello, nos hemos centrado en la escultura “Homenaje a Manolo Gil”, del escultor Jorge Oteiza. Dicha pieza forma parte del Fondo de Arte y Patrimonio (FAP) de la Universitat Politècnica de València (UPV) y se encuentra ubicada en sus jardines, en el sector 2B, junto al edificio de Rectorado¹ (Fig. 1 y 2).

El motivo fundamental que me ha impulsado a la realización del presente estudio es el lamentable estado de deterioro en el que se encuentran gran parte de las piezas escultóricas que podemos encontrarnos emplazadas en los jardines del campus de la UPV. Para llevar a cabo dicha tarea, se ha profundizado en el estudio del Fondo de Arte y Patrimonio de la UPV desde sus orígenes hasta la actualidad. Además, nos hemos centrado en analizar la vida y la obra del autor, Jorge Oteiza, y en particular, de la escultura “Homenaje a Manolo Gil”, así como de estudiar en profundidad el material del que está compuesta la pieza (en este caso, el hierro), exponiendo de manera clara y concisa los mecanismos de corrosión que se desencadenan en objetos metálicos expuestos a la atmósfera.

Cabe destacar que en el presente trabajo nos hemos centrado únicamente en el estudio de uno de los dos materiales de los que está compuesta la pieza, el hierro, y no así en el pedestal de piedra donde se apoya la obra, que dejamos pendiente para un futuro trabajo de ampliación. Por lo tanto, nos vamos a centrar, sobre todo, en reunir información sobre los aspectos físicos, químicos, biológicos y antrópicos que intervienen en los procesos de degradación de soportes férreos en escultura contemporánea.

En último lugar, y en base a los estudios llevados a cabo, se ha procedido a enumerar una serie de conclusiones y a establecer un protocolo de actuación destinado a la conservación preventiva de las piezas escultóricas ubicadas en los jardines de la UPV, ya que están expuestas a un continuo deterioro y que puede derivar en su pérdida total.



Fig. 1 y 2. Ubicación actual de la escultura.

¹ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Àrea de Fondo de Arte y Patrimonio UPV. Consulta [2016/06/17.] Disponible en: <http://www.upv.es/entidades/FPA/>

2. OBJETIVOS.

El objetivo principal de este estudio ha sido analizar la problemática de las obras escultóricas con soporte férreo expuestas a la intemperie, con el fin de conocer las patologías principales que pueden afectar a este tipo de estructuras metálicas, *en pro* de poder establecer protocolos de conservación futura de este tipo de piezas.

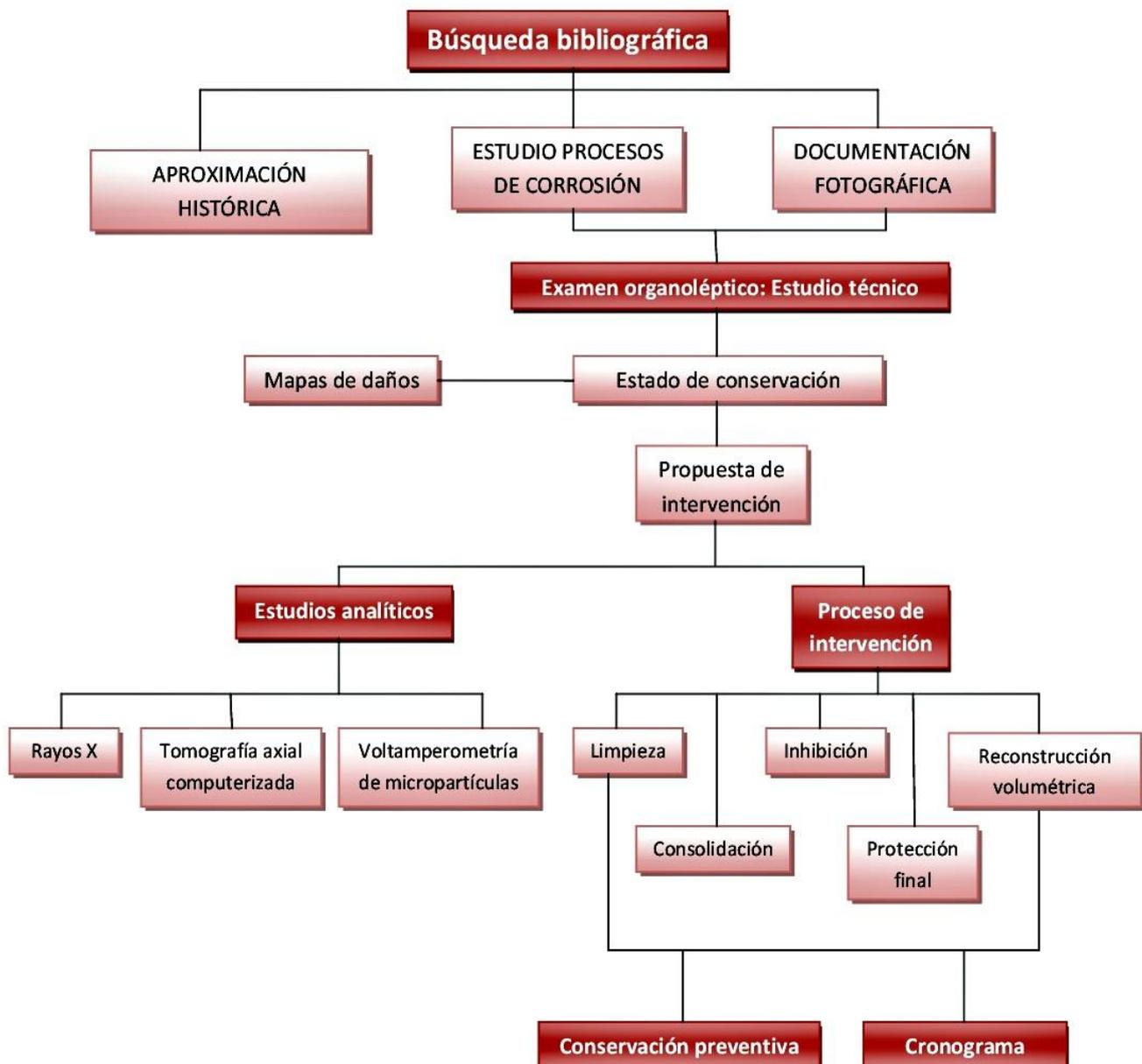
Por otro lado, se enumeran a continuación una serie de objetivos secundarios que se desprenden del objetivo anterior:

- Conocer la colección escultórica ubicada en el Campus de Vera de la UPV, y en particular, centrar este trabajo en el análisis de la obra “Homenaje a Manolo Gil”, del artista J.Oteiza.
- Realizar una investigación histórica que abarque aspectos relacionados con su autor, estilo artístico, y época de ejecución, lo que nos permitirá conocer el valor cultural y artístico que contiene la obra.
- Examinar y estudiar en profundidad los materiales de los que está compuesta la escultura, e identificar los diversos procesos de deterioro que presenta el material y las graves consecuencias que ellos conllevan.
- Formular una detallada propuesta de intervención y conservación preventiva de la obra, ajustada a sus necesidades particulares para detener y evitar futuros deterioros.

3. METODOLOGÍA.

La metodología que se llevó a cabo para la realización del presente Trabajo Fin de Grado parte de una búsqueda bibliográfica acerca de la obra, de su autor y del FAP de la UPV, así como sobre los procesos de corrosión del hierro. Posteriormente se realizó una exhaustiva documentación fotográfica que permitió estudiar en profundidad el estado de conservación de la obra y realizar una propuesta de intervención acorde a las patologías observadas.

Finalmente, se estableció un plan de conservación preventiva, así como un cronograma de temporalización tal y como se muestra a continuación:



4. EL FONDO DE ARTE Y PATRIMONIO.



Fig. 3. Pablo Serrano: Unidad Yunta, 1970. Primera obra adquirida por el FAP.

El proyecto del Fondo de Arte y Patrimonio de la UPV nació en 1990 de un hecho singular. Fue en el año 1988, cuando el escultor Nassio Bayarri comentó a Pilar Roig, vicerrectora en esos momentos de la UPV, la intención mantenida por muchos años, de que la ciudad de Valencia tuviera un museo de escultura al aire libre. Fue así, como Justo Nieto, Rector de la Universitat Politècnica de València en aquel entonces, y tras conversaciones mantenidas con el propio Nassio Bayarri, se pusieron manos a la obra para encontrar *sponsor* y ponerse en contacto con grandes escultores españoles que quisiesen participar en la idea².

De la lista confeccionada, se fueron eligiendo aquellos que habían dejado huella en el panorama artístico, como es el caso de Pablo Serrano, Manuel Hernández Mompó, Eusebio Sempere, sin olvidar los contactos mantenidos con Gustavo Torner, José Luis Sánchez, Oteiza y Chillida, entre otros³.

Comenzaron entonces las conversaciones para la adquisición de obras con los familiares de los artistas desaparecidos, siendo la primera obra adquirida “Unidad Yunta” de Pablo Serrano (Fig. 3), así como la aceptación de poder ir a visitar al escultor Jorge Oteiza⁴.

Posteriormente, la idea también fue solicitar la colaboración de otros artistas, como profesores, alumnos, colaboradores y profesores invitados que pasaran por sus aulas, así como a artistas muy conocidos y con una destacada trayectoria profesional. La respuesta no se hizo esperar y gran parte de ellos enviaron sus altruistas aportaciones. Así, con las aportaciones de unos y los consejos de otros, el Fondo de Arte y Patrimonio (FAP) cuenta en la actualidad con un amplio repertorio de artistas y supera las tres mil obras, entre pinturas, esculturas, grabados, dibujos, fotografías y obra seriada⁵.

Desde sus inicios, las obras han permanecido en las dependencias de Escuelas, Facultades o Institutos de la UPV, aunque, en ocasiones, y debido a su carácter abierto, se han trasladado, no solo dentro de las instalaciones de la propia Universidad, sino que viaja a otras instituciones, tanto públicas como privadas⁶.

En la última década, la colección del Fondo de Arte de la UPV, ha aumentado considerablemente. Su conformación se ha realizado a través de diferentes fuentes como donaciones, adquisiciones y obras en depósito.

² AA.VV. *Campus en tercera dimensión*, sin paginar.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ AA.VV. *Fons d'Art Contemporani*, pp. 11-19.

⁶ Ibid.

Se trata sin duda, de un gran número de piezas relevantes en el ámbito museable y que consta de un total de cinco colecciones, quedando desglosadas de la siguiente manera⁷:

-Pintura contemporánea: Obras tanto de artistas nacionales como internacionales, recogiendo muestras de estilos como la abstracción, figuración, postmodernismo, nueva figuración, pop, constructivismo, etc, con una gran diversidad de técnicas, formatos y pluralidad creativa.

-Fotografía contemporánea: Colección compuesta por autores representantes de las más avanzadas tendencias de las últimas décadas, ofreciendo diferentes puntos de vista creativos.

-Obra gráfica: Se trata de obra original seriada de autores reconocidos, en la mayoría de los casos donada de forma altruista para formar parte de la colección de la Universidad.

-Obras escultóricas contemporáneas: Conjunto formado por piezas de alta vanguardia, donde los artistas persiguen ser exponentes de la figuración sin referente, entendida con conceptos que van más allá de la pura representatividad.

-Campus escultórico al aire libre: Permite la toma de contacto directa del espectador con las obras, recogiendo la tendencia de artistas nacionales e internacionales y abordando movimientos como abstracción, cinética, orgánica o geometría. Más de una cincuentena de artistas lo componen; Oteiza con su Constructivismo Minimalista, Serrano con el Expresionismo Barroco, Nassio con su Cosmoismo de Integración, el Surrealismo Mimético de Manuel Hernández Mompó, Amadeo Gabino con su Espacialismo Constructivo, o Eusebio Sempere con su Op-art, además de Lorenzo Frechilla, Marcel Martí, Esteve Edo, Edgar Negret, José Villa y Macario Castillejo⁸.

Como se ha indicado anteriormente, este estudio se centra en esta última, en el Campus escultórico al aire libre, y en concreto, en la escultura de Jorge Oteiza "Homenaje a Manolo Gil", la cual se instala en la Universitat Politècnica de València en el verano de 1989.

⁷ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Colecciones del Fondo de Arte y Patrimonio*. Consulta [2016-06-01]. Disponible en: <http://www.upv.es/entidades/FPA/info/>

⁸ AA.VV. Op Cit.

5. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA DE JORGE OTEIZA.

5.1. EL AUTOR.

Jorge Oteiza está considerado uno de los escultores y teóricos experimentales del arte más importantes de la segunda mitad del S.XX. Su figura resulta fundamental para poder explicar el panorama de la escultura española tras la postguerra, al establecer un concepto innovador de la práctica escultórica⁹.

Nació en Endaia de Orio (Guipúzcoa) en 1908 en el seno de una familia acomodada. Introvertido y acosado por temores irracionales, tuvo una infancia triste, alejada de juegos y de los demás niños. En 1927 se trasladó a Madrid con el propósito de estudiar arquitectura, aunque, por razones burocráticas, finalmente tuvo que matricularse en medicina. Pese a que nunca terminaría la carrera (la abandonó en el tercer curso para apuntarse en la Escuela de Artes y Oficios), la asignatura de bioquímica despertó su interés por la escultura, por la experimentación de lo que él definió como «biología del espacio»¹⁰.

Es entre 1928 y 1929 cuando comienza su trayectoria creativa. Desde los primeros momentos, sus esculturas surgen como respuesta a una actitud experimental, a un planteamiento plástico enraizado en las propuestas de vanguardia que comenzaba a conocer en Madrid a través de la revista *Cahiersd'art*¹¹. Sus primeras esculturas, nacieron bajo la influencia de artistas como Jacob Epstein, Alberto Sánchez, y sobre todo, Pablo Picasso¹².

A principios de la década de los 40 empezó a introducir oquedades en sus esculturas, exploraciones sobre el hueco y el volumen (en la línea del gran escultor británico Henry Moore) creando piezas cada vez más esenciales y místicas¹³.

Una constante en su vida fue el acercamiento a lo ancestral, a lo mítico y al análisis místico del alma humana, para así actualizar esos contenidos mediante la representación escultórica. Su conocimiento profundo de la estatuaria megalítica americana, fundamenta la primera gran investigación de Oteiza: el debilitamiento de la expresión figurativa, que desarrolla en la

⁹ MORENO, I. *Oteiza*, p.5.

¹⁰ÁLVAREZ, S. *Jorge Oteiza: pasión y razón*, p 15.

¹¹Ibid, p. 16.

¹² BIOGRAFÍAS Y VIDAS. Consulta: [2016/06/02]. Disponible en: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/oteiza>

¹³ MORENO, I. Op Cit, pp. 5-6.

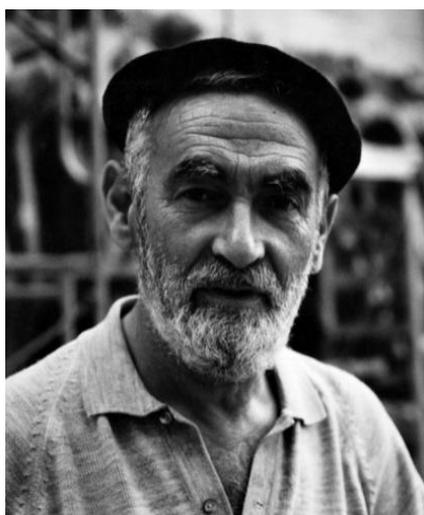


Fig. 4: Escultor Jorge Oteiza.



estatuaria de Aránzazu, momento en el que el escultor se inició en el desarrollo de un lenguaje abstracto¹⁴.

La motivación permanente de Oteiza fue la espacialidad y la creación del espacio desocupado, el espacio vacío. A ello dedica el periodo comprendido entre 1950 y 1958, el ciclo de tiempo más creativo de su vida¹⁵. Su particular obsesión con el volumen y el espacio quedan plasmadas en series como *Desocupación de la esfera* (1957-1958) y *Cajas vacías* o *Cajas Metafísicas* (1958), en las que el objeto quedaba desmaterializado casi por completo en favor de un espacio que él entendía metafísico y espiritual (Fig. 5 y 6). A partir de la década de los 50, Oteiza abandonó la práctica escultórica convencional para desarrollar nuevas inquietudes creativas como la poesía, la arquitectura o la filosofía.

Jorge Oteiza fue uno de los artistas más importantes del siglo XX, recibiendo premios tan importantes como el Príncipe de Asturias de las Artes, en 1988, o la Medalla del Círculo de Bellas Artes, en 1998. Finalmente, Oteiza murió en el año 2003 en San Sebastián.



5.2. “HOMENAJE A MANOLO GIL”: APROXIMACIÓN HISTÓRICA.

Desde inicios de la década de los 50, Jorge Oteiza había encaminado sus investigaciones a pasar de la estatua como masa a una estatua como energía, como “desocupación activa del espacio”¹⁶. Esa búsqueda, dio origen entre 1956 y 1958 a numerosos ensayos desarrollados con varillas, barras y chapas de hierro, consiguiendo estructuras lineales, flotaciones, suspensiones y construcciones vacías¹⁷.

El año 1957 fue un año clave en la vida de Oteiza y que marcó sus obras posteriores. Su participación en la **IV Bienal de São Paulo** en representación de España y la obtención del Gran Premio Internacional de Escultura, marcaron un antes y un después en su carrera. La selección de obras que presentó Oteiza a esta bienal bajo el título de *Propósito Experimental*, supone la mejor manera de clasificar su obra en distintas categorías. De esa forma, y según las obras presentadas en la muestra y según sus justificaciones teóricas, se desprende que el **espacio** fuera el auténtico y único protagonista¹⁸.

Fig. 5. Jorge Oteiza: Variante ovoide de la desocupación de la esfera, 1958.

Fig. 6. Jorge Oteiza: Caja metafísica, 1958.

¹⁴MORENO, I. Op Cit, pp. 5-6.

¹⁵Ibid, p.7.

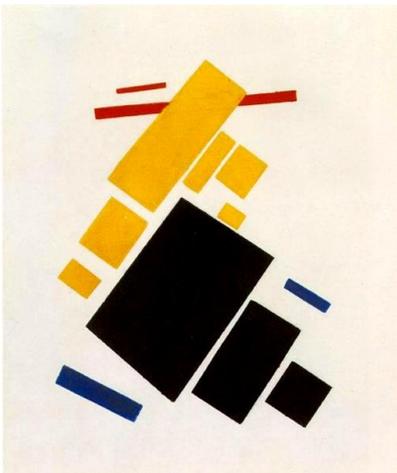
¹⁶ÁLVAREZ, S. Op Cit, pp. 28-29.

¹⁷Ibid, p. 144.

¹⁸Ibid, pp. 28-29.



La escultura “Homenaje a Manolo Gil”, se trata de una versión de menor tamaño¹⁹ de la escultura “Homenaje a Malevitch” (Fig. 7), obra que Oteiza llevó en 1957 a la IV Bienal de São Paulo, donde expuso veintinueve esculturas agrupadas en diez series, que a su vez correspondían a cuatro conjuntos de obras²⁰. Allí figuraba como la nº1 del catálogo, y una breve explicación se añadía al título: “Rotación espacial con la unidad Malevitch abierta” (cuatro unidades Malevitch curvas, fusionadas)²¹. El primero grupo, y al que pertenecía la obra “Homenaje a Malevitch”, se definía como: *Unidades formales abiertas y mecánica de fusión*, esculturas constituidas a partir de la *Unidad Malevitch* plana (planos trapezoidales curvados), sometida a la acción de un espacio curvo²².



Oteiza comienza a utilizar la *Unidad Malevitch* en 1956, momento en el que empieza a abordar la apertura de bloques compactos y el acoplamiento de volúmenes geométricos simples, las *maclas*, como culminación de su proceso de búsqueda del vaciamiento de los cuerpos buscando unidades formales abiertas. Para sustentar su discurso teórico, el escultor creó un elemento plástico con el que explicar la hipótesis dinámica: el cuboide Malevitch. Este cuboide era un cubo irregular formado por seis trapecios, a los que Oteiza denominó *Unidad Malevitch*, en referencia a las formas empleadas en sus cuadros por el pintor suprematista Kazimir Malevitch (Fig. 8), y cuya principal característica era la combinación de un elemento estático (el ángulo recto) y otro dinámico (la diagonal), donde figuras geométricas de diferente naturaleza flotaban en el plano pictórico y dotaban a las obras de una naturaleza marcadamente espacial²³.

Es por ello que la *Unidad Malevitch* ideada y plasmada por Oteiza en sus obras se representa como un trapecio con un ángulo recto y estático, y otro diagonal y dinámico, que recuerda a las formas trapezoidales irregulares que el pintor ruso utilizaba en sus cuadros, buscando simbolizar «la permanencia y el cambio». Estas esculturas presentaban un proceso de reducción de la expresión mediante la eliminación de la corporeidad física, que desocupada y convertida en vacío, traspasaba los límites de la experiencia plástica²⁴.

Fig. 7. J.Oteiza: Homenaje a Malevitch, 1957. Hierro forjado.

Fig. 8: K.Malevitch :Aeroplane Flying.1915.
Oleosobre lienzo, 58,1 cm x 48,3 cm

¹⁹ MUÑOA, P. *Oteiza, la vida como experimento*, p. 268.

²⁰ ÁLVAREZ, S. *Op. Cit.*, pp. 28-29.

²¹ MUÑOA, P. *Op. Cit.*, p. 268.

²² MUSEO NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFÍA. Jorge Oteiza y el Propósito experimental. [Consulta 2016-07-05]. Disponible en:

<http://www.museoreinasofia.es/sites/default/files/salas/informacion/407.pdf>

²³ MORENO, I. *Oteiza*, pp.13-14.

²⁴ DIGITAL VASCA, S.A. *La huella que marcó a Oteiza en los 50 e inspiró su 'Unidad Malévich'*.

[Consulta: 2016-07-05]. Disponible en:

<http://www.diariovasco.com/pg060711/prensa/noticias/Cultura/200607/11/DVA-CUL-283.html>

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PIEZA: ESTUDIO TÉCNICO.

“Homenaje a Manolo Gil” es una escultura llena de volúmenes curvos que envuelven de forma dinámica el espacio mediante concavidades profundamente iluminadas y convexidades en sombra, donde la luz contribuye, junto con la insistente búsqueda de J.Oteiza del espacio desocupado, a definir lo que es una forma espiritual en el espacio. En ella está implícito su sentido ético, quedando implícito en la materia, en este caso, el hierro²⁵.

Se caracteriza por constar de dos partes bien diferenciadas:

- **Cuerpo metálico:** está compuesto por cuatro placas trapezoidales o *Unidades Malevitch* de hierro fundido de diferentes tamaños y grosores, los cuales se detallan a continuación:

- **Placa 1:** 31,6 x 19,8 x 60,5 x 3,8 cm.
- **Placa 2:** 27,2 x 17,6 x 50 x 2 cm.
- **Placa 3:** 24 x 20 x 61 x 2 cm.
- **Placa 4:** 39 x 29 x 41 x 2 cm.

Las cuatro placas presentan una forma curvada y se encuentran unidas entre sí por uno de sus lados mediante una soldadura, las cuales descansan sobre una base metálica de 50 cm de ancho x 45 cm de lado x 2,5 cm de grosor. Esta base se apoya a su vez sobre un pedestal de piedra.

- **Pedestal:** está compuesto por un bloque de piedra de forma rectangular de color gris que mide 135 cm de alto X 70 cm de ancho y 60 cm de lado. Se trata de una piedra lisa, por lo que carece de marcas de labra y presenta todas sus aristas desbastadas, posiblemente a golpe de martillo.

En su lado frontal, en la esquina superior derecha, presenta una placa metálica adherida a la piedra de 13 X 9 cm, donde se refleja el nombre del autor, el año de ejecución y el título de la obra.

²⁵ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Esculturas del campus de la Universidad Politécnica de Valencia*, sin paginar.

6.1. DATOS TÉCNICOS.

FICHA TÉCNICA		
Tipo de obra	Escultura	
Título	Homenaje a Manolo Gil (1989)	Siglo: XX
Autor	Jorge Oteiza	
Material	Hierro fundido y piedra	
Técnica de elaboración	Fundición con moldes	
Dimensiones	Cuerpo metálico: 57 x 50 x 45 cm Pedestal: 135 x 70 x 60 cm	
Peso	Desconocido	
Localización	Jardines del Campus de la UPV (Sector 2B)	



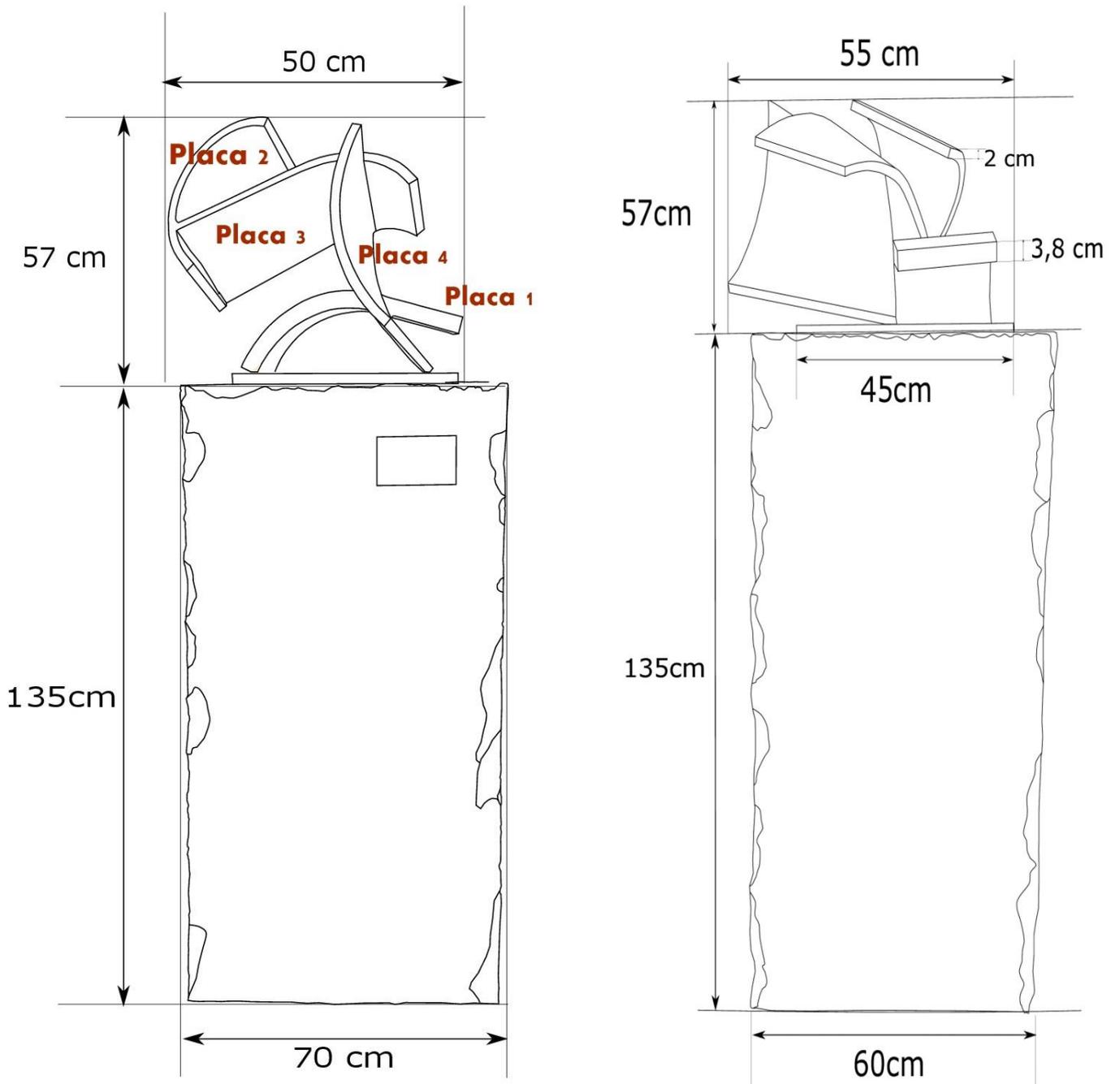
Fig. 9. *Frontal.*

Fig. 10. *Lado derecho.*

Fig. 11. *Lado izquierdo.*

6.2. MAPAS DE COTAS.

A continuación se muestran gráficamente las medidas de la obra.



7. ESTADO DE CONSERVACIÓN.



El emplazamiento de la escultura (causas extrínsecas) y la propia naturaleza del metal (causas intrínsecas) han sido determinantes en el estado de conservación en el que se encuentra la obra actualmente y ha condicionado la aparición de patologías muy concretas causadas principalmente por estar ubicada a la intemperie y cercana a la costa (2 Km).

El constante contacto del material férreo con agentes medioambientales como el agua de lluvia, la contaminación atmosférica, el oxígeno, la temperatura o el viento, en combinación con la flora y fauna circundante, han derivado en una serie de daños que amenazan seriamente la integridad de la obra, y que no han supuesto únicamente alteraciones de tipo estético, sino que también han afectado a la estructura del material, modificando su naturaleza y características.



Es por estos motivos por los que la obra presenta las patologías típicas originadas por la acumulación de agua²⁶ y la humedad relativa (HR)²⁷, como son la aparición de productos de corrosión y cloruros de hierro activos en el cuerpo metálico de la escultura, que unido a los movimientos de dilatación-contracción ocasionados por los cambios de temperatura, han provocado la laminación y disgregación del metal, así como fisuras, principalmente en su base.

Cabe añadir además la constante acción de desgaste que causan las rachas de viento, que transportan partículas en suspensión y que ocasionan una erosión lenta pero continua de la superficie metálica.

A continuación se detallan con más detenimiento cada una de las patologías observadas y las causas que las han provocado:

Fig. 12 Y 13. Detalle de suciedad superficial.

²⁶ Valencia cuenta con un clima mediterráneo, con veranos calurosos y secos e inviernos suaves. Enero es el mes más frío, con temperaturas máximas medias de 16-17 °C y mínimas de 7-8 °C. Las temperaturas bajo cero son extremadamente raras dentro del núcleo urbano de la ciudad. Las precipitaciones anuales se sitúan entre 450 y 500 mm y la humedad media anual es relativamente alta debido a la influencia del mar, situándose alrededor del 65% y variando poco a lo largo del año, pudiendo llegar en los meses de verano a un 80%.

Fuente: www.valencia.es/ayuntamiento/laciudad.nsf/vDocumentosTituloAux/clima. Consulta [2016/09/20].

²⁷ Es el factor más responsable de la oxidación o corrosión. El valor idóneo de humedad relativa es del 35% para que no se produzca corrosión. Por encima de este valor, la pieza ya comienza a deteriorarse. GARCÍA, I. M. *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*, p.98.

CAUSAS FÍSICAS / MECÁNICAS	Viento	G E N E R A N	Polvo en suspensión Partículas contaminantes	P R O D U C E N	Desgaste / erosión Concreciones terrosas Corrosión
	Temperatura		Variaciones temperatura		Laminación / disgregación
CAUSAS QUÍMICAS	Humedad		Agua		Corrosión Cloruros
	Gases atmosféricos (oxígeno, dióxido de azufre...)		Partículas gaseosas y/o sólidas		Corrosión
CAUSAS BIOLÓGICAS	Aves		Deyecciones (ácidos)		Corrosión
	Insectos		Restos biológicos		Corrosión + Aves / insectos
CAUSAS ANTRÓPICAS	Agua de riego	Agua	Corrosión Cloruros		



7.1. CAUSAS FÍSICAS / MECÁNICAS.

La escultura presenta una capa gruesa y endurecida de **suciedad superficial** (Fig. 14) por toda la superficie de la obra, como polvo y depósitos terrosos, que se acumulan principalmente en las zonas superiores de la obra y que están más expuestas al medio.

También se observa en la cara externa de cada una de las placas metálicas, gran cantidad de **depósitos calcáreos** (Fig. 14) que se materializan en forma de escorrenría y que ocupan aproximadamente un 50% de su superficie, todo ello ocasionado por encontrarse la escultura ubicada a la intemperie y expuesta al viento y al agua. El viento transporta partículas sólidas y polvo en suspensión que se han ido acumulando poco a poco, y que con la acción del agua y de la humedad relativa, se han sedimentado sobre la superficie de la obra. Esto puede dar lugar a que con el tiempo aparezcan nuevos productos de corrosión debajo de estos depósitos.



Por otro lado, la **laminación del hierro** (Fig. 15) ocasionada por la aparición de productos de corrosión, se ha podido ver agravada por los movimientos de dilatación-contracción del metal provocados por los cambios de temperatura, así como por la penetración directa de agua, dando lugar a que el hierro se siga disgregando.

Fig. 14. Suciedad superficial y dep. calcáreos.

Fig. 15. Laminación y disgregación del metal en la base.

Los cambios térmicos desencadenan mecanismos de deterioro muy complejos, cuya gravedad varía según la porosidad, la conductividad o el coeficiente de dilatación de los materiales²⁸, y el hierro, por su parte, es un metal muy buen conductor del calor²⁹. En este caso, debido a la ubicación geográfica de la escultura, los cambios de temperatura no son excesivamente bruscos, ya que según los datos recogidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), a lo largo del día la temperatura disminuye gradualmente entre 9°C y 10°C, ya sea durante los meses de invierno o verano. Así mismo, los cambios de temperatura que se producen entre los meses de invierno, otoño, primavera y verano tampoco son demasiado bruscos³⁰.

Por otro lado, el agua que haya podido penetrar entre el metal disgregado, ha podido congelarse en algún momento puntual, y al aumentar su volumen, a podido seguir contribuyendo a su deterioro, provocando fisuras de entre 3 y 4 cm en su base (Fig 16).



Fig. 16. Corrosión generalizada y fisura en la base metálica

²⁸ PALOMINO, Y. *Informe del estado de conservación del panteón Puig-Boronat*. [trabajo fin de grado]. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2015. Pag 28.

²⁹ *Hierro-Propiedades del hierro-Elementos*. [consulta: 2016/10/05]. Disponible en: <http://elementos.org.es/hierro>.

³⁰ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Agencia estatal de meteorología. Madrid: Gobierno de España. [consulta: 2016/10/05]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/valencia-id46250>.

7.2. CAUSAS QUÍMICAS.

Las causas de degradación química presentes en la obra han sido ocasionadas por la exposición al oxígeno, al agua, a la humedad relativa, a las altas temperaturas y a la contaminación atmosférica³¹, ya que su ubicación la hace especialmente vulnerable y propensa a sufrir alteraciones ocasionadas por estos agentes de deterioro.

Es por este motivo que se observan en la escultura **productos de corrosión** y **cloruros activos** (Fig. 18) típicos del hierro, principalmente en la base metálica. Esto ha provocado la laminación y disgregación del metal en un 75% de su superficie, localizada en gran medida en la zona donde el metal entra en contacto con el pedestal de piedra, por quedar el agua estancada, aunque no queda comprometida la estabilidad de la obra. También ha afectado, aunque en menor grado, a las cuatro placas trapezoidales, quedando localizadas básicamente en su parte inferior, tanto de la cara interna como externa, así como en los laterales.

7.2.1. Introducción a los procesos de corrosión.

Los productos de corrosión³² más habituales que nos podemos encontrar en el hierro son:

- Hematita (Fe_2O_3): De color rojo sangre/rojo oscuro.
- Magnetita (Fe_3O_4): Pátina estable y protectora de color negra brillante.

La hidratación de éstos da lugar a:

- Goetita ($\text{FeO}(\text{OH})$): De color marrón/ocre oscuro.
- Limonita ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$): De igual composición química que la goetita pero más hidratada.
- Lepidocrocita ($\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$): De color marrón rojizo.
- Cloruros de hierro: Son como pequeñas gotas marrones brillantes que se acumulan en la zona interna de los productos de corrosión en contacto directo con el núcleo metálico³³.

En el caso concreto de la obra, y partiendo de un examen organoléptico³⁴, se puede observar limonita, goetita, hematita y cloruros de hierro (Fig.19).



Fig. 17. Escorrentía de óxido en pedestal.

Fig. 18. Detalle de productos de corrosión y cloruros.

³¹ DOMÉNECH, M.T. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*, p. 409.

³² La corrosión es el proceso por el cual los metales, por la acción de fenómenos químicos o atmosféricos, tienden a regresar a su estado original (óxido, sulfuro, carbonato) más estable, lo que se traduce en un deterioro de sus propiedades. DOMÉNECH, M.T. Op Cit, pp. 406-407.

³³ ALONSO, J.M, Op Cit, p.38.

³⁴ Normalmente, los productos de corrosión se identifican con precisión mediante la técnica de difracción de Rayos X. No solo es importante poder identificar el tipo de cloruro que presenta un objeto de hierro, sino que también es fundamental saber su localización para poder comprender su posible actuación en el proceso de corrosión así como para encontrar la forma más efectiva para su eliminación del objeto. Ibid, p.38.

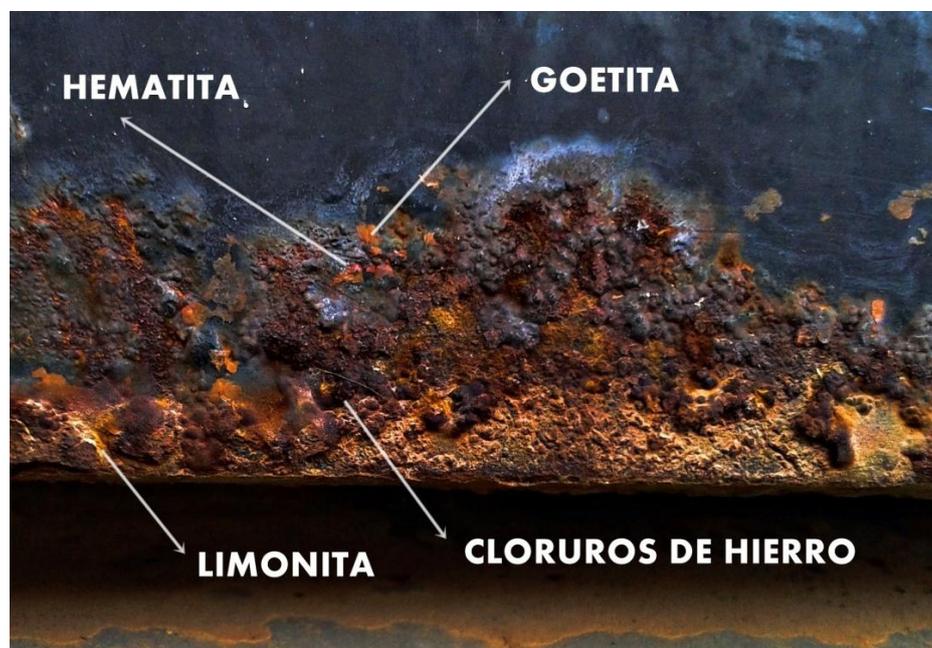


Fig. 19. Productos de corrosión presentes en la obra.

Esto es debido a la alta inestabilidad del hierro, oxidando en presencia de oxígeno y humedad. Todo objeto que es el resultado de una elaboración artificial por parte del hombre, tiende a volver a su estado natural, que es más estable. Para el caso de los metales, esta vuelta a su estado natural, se realiza de forma espontánea a través de una serie de procesos irreversibles que se establecen entre el metal y su entorno que provocan la modificación de su composición química, y en consecuencia, alterando sus propiedades físicas³⁵ y tanto la humedad relativa como el oxígeno del aire, pueden acabar destruyéndolos.

Además, la técnica de elaboración del hierro afecta a su conservación, ya que la corrosión no afecta de la misma manera sobre un hierro elaborado por forja, que sobre otro elaborado por fundición, como es el caso de la obra. Durante la elaboración por forja, la superposición de capas metálicas nunca es perfecta, quedando pequeños espacios vacíos en el interior, donde pueden iniciarse con posterioridad corrosión de tipo superficial. En cambio, en un hierro de fundición, el proceso de corrosión ocurre a mayor velocidad que en un hierro forjado, pero que con el paso del tiempo se vuelve más resistente debido al efecto protector de la corrosión gráfica³⁶.

Si analizamos la estructura cristalina de un metal, descubrimos una serie de formas geométricas ordenadas de diferentes maneras en función de múltiples características (según sea la aleación, punto de fusión, enfriamiento, etc.). Esos

³⁵ ALONSO, J.M. Op Cit, p.15.

³⁶ Ibid, p. 4-7.

cristales, formados o deformados por fases del proceso constitutivo, están a su vez compuestos por los átomos metálicos, que se caracterizan por tener un núcleo de protones y neutrones con una nube de electrones en constante movimiento a su alrededor. Este flujo de electrones, es el que se combina con cierta facilidad con otros elementos del entorno, como el oxígeno, dando lugar al proceso corrosivo³⁷ que se da en la escultura.

7.2.2. Mecanismos de corrosión.

Existen dos tipos de mecanismos de corrosión, y ambos están presentes en la obra por encontrarse en un emplazamiento abierto y urbano:

- Química:

La corrosión química, también denominada *corrosión seca*, es la que se produce en ausencia de electrolito por reacción química directa de gases o líquidos no electrolíticos, como pueden ser el oxígeno o el dióxido de azufre (SO₂), presente este último en gases industriales. Tiene lugar principalmente en espacios abiertos, contribuyendo a los procesos de corrosión que tienen lugar en un ambiente atmosférico³⁸, como ocurre en este caso de estudio.

La composición química de la atmósfera hace que se encuentren en el aire sustancias orgánicas e inorgánicas, ya sean gaseosas, sólidas o la combinación de ambas, tales como el Ozono, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno o Dióxido de Azufre (SO₂). El SO₂ es el principal contaminante atmosférico en núcleos de población y proviene principalmente del empleo de combustibles que contienen azufre, gases procedentes de fábricas y aparatos domésticos, entre otros. Además, estos compuestos al combinarse con condensación de humedad, provocan graves deterioros en obras metálicas expuestas al medio³⁹.

Esta condensación se debe principalmente a los cambios periódicos de temperatura del aire y se da sobre superficies rugosas, porosas o donde se ha depositado polvo⁴⁰. En el caso concreto de la obra, al presentar una película generalizada y endurecida de suciedad, la hace más vulnerable a desarrollar productos de corrosión y cloruros por quedar el agua retenida en dicha suciedad. También se puede deber a las propiedades higroscópicas de algunos de los productos de corrosión.

³⁷ DÍAZ, S. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p.9.

³⁸ ALONSO, J.M. Op Cit, p.18.

³⁹ GALLACCIO, A. *Atmospheric corrosion of metals*.

⁴⁰ ALONSO, J.M. OP Cit, p.25.

A su vez, el NaCl (Cloruro de sodio) se incorpora a la atmósfera desde el mar aumentando su concentración según nos acerquemos al litoral marino⁴¹. Existe la referencia de que a medida que nos situemos próximos a una costa marina el aire se va cargando de sales de cloruros, aumentando la velocidad de corrosión, hasta el punto de que a 25m del mar puede llegar a ser 12 veces mayor que a 250m⁴².

Cabe destacar que la acción conjunta de los diversos componentes de la contaminación atmosférica y de los fenómenos meteorológicos determinan la intensidad y naturaleza de los procesos corrosivos y aumentan sus efectos⁴³.

- **Electroquímica:**

La corrosión electroquímica, también denominada *corrosión húmeda*, es el tipo de corrosión más común que nos vamos a encontrar. Se produce cuando un objeto de metal entra en contacto con un electrolito (agua), ya sea sumergido, enterrado o expuesto a la humedad, comenzando a desarrollarse una serie de reacciones anódicas y catódicas simultáneas (reacción REDOX) (Fig. 20) en la superficie del metal. Se trata de un proceso espontáneo que implica la presencia de una zona anódica (negativa), que es la que sufre la oxidación y otra catódica (positiva), en la que se produce la reducción, para dar lugar a un producto que carece de las propiedades estructurales del hierro metálico, el óxido de hierro(III) hidratado⁴⁴:

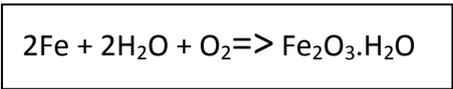
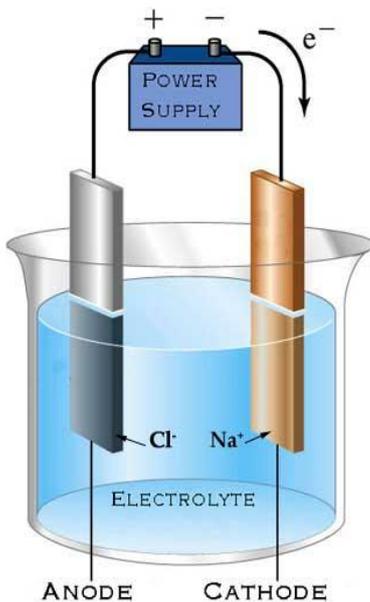


Fig. 20. Reacción REDOX.

Para que este tipo de corrosión pueda tener lugar, es necesario que existan tres condiciones básicas, las cuales se dan en la obra:

- Una corriente eléctrica entre ciertas áreas de la superficie del metal.
- Un electrolito⁴⁵, es decir, cualquier solución que contenga iones, como por ejemplo, el agua, el agua del mar, soluciones ácidas o alcalinas, etc.
- Dos electrodos (un cátodo y un ánodo) en contacto⁴⁶.

⁴¹ El agua del mar se caracteriza por la abundancia de sales disueltas, principalmente, cloruros alcalinos, por lo que posee un elevado poder corrosivo. DOMÉNECH, M.T, Op Cit, p. 408.

⁴² ALONSO, J.M. Op Cit, p.26.

⁴³ GALLACCIO, A Op. Cit, pp. 7-16.

⁴⁴ ALONSO, J.M. Op Cit, pp. 14-15.

⁴⁵ Un electrolito es una disolución de sal en agua que tiene la propiedad de ser conductora de la electricidad (conductor de segunda especie a diferencia del cable eléctrico que lo es de primera especie).

⁴⁶ DOMÉNECH, M.T. Op Cit, pp. 395-399.

Las zonas anódicas y catódicas no tienen por qué corresponder a metales distintos sino que pueden formar parte de un mismo metal, tal y como ocurre en la obra. La aparición de zonas con distinto potencial electroquímico en un mismo metal es el resultado de variaciones locales en la superficie del metal debido a su composición no homogénea⁴⁷. Este otro mecanismo de corrosión está presente en la obra por estar constantemente en contacto con el agua de riego, la lluvia y la humedad relativa de la atmósfera.

7.3. CAUSAS BIOLÓGICAS.

La obra presenta en zonas no visibles a simple vista, abundantes restos de **arácnidos**, **nidos de insectos** (Fig. 22) e **insectos vivos**, como la *Oniscidea*⁴⁸ (Fig. 21) que han favorecido la acumulación de polvo y suciedad ambiental. La presencia de insectos, pájaros y roedores, son un agente de deterioro muy frecuente en obras expuestas a la intemperie, tal y como se observa en la escultura, pudiendo dañar las obras, royéndolas o reduciéndolas a fragmentos como material para la construcción de nidos o bien manchándolos con sus desechos. Además, los nidos contienen pelo, plumas o animales muertos que atraen a otros insectos, agravando así el problema⁴⁹.



Fig. 21. Presencia de insectos (*Oniscidea*)



Fig. 22. Tela de araña.

⁴⁷ ALONSO, J.M. Op. Cit, p.29.

⁴⁸ Los oniscídeos (*Oniscidea*), conocidos vulgarmente como cochinillas de humedad, suelen hallarse en lugares oscuros y húmedos debido a que necesitan estar en contacto con una superficie húmeda para poder respirar. Se alimentan de materia vegetal y restos animales. Consulta [2016/10/17.] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Oniscidea>.

⁴⁹ GARCÍA, I.M. *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*, p.273.

Por otra parte, la vegetación circundante, como es el caso de árboles y plantas, atrae gran cantidad de estos insectos, de manera que si la obra entra en contacto con hojas secas (Fig 24), atraerá a aves, insectos y microorganismos para alimentarse de ellas, pudiendo depositar en la obra deyecciones (Fig. 23), las cuales contienen ácidos tales como el ácido úrico, nítrico, fosfórico, etc⁵⁰ que interactúan con el soporte de la obra creando una corrosión grave al hierro.

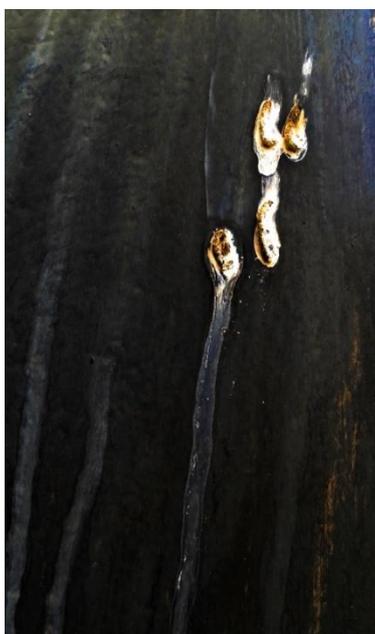


Fig. 23. Deyecciones de aves.



Fig. 24. Hojas de árboles secas depositadas sobre la obra.

7.4. CAUSAS ANTRÓPICAS.

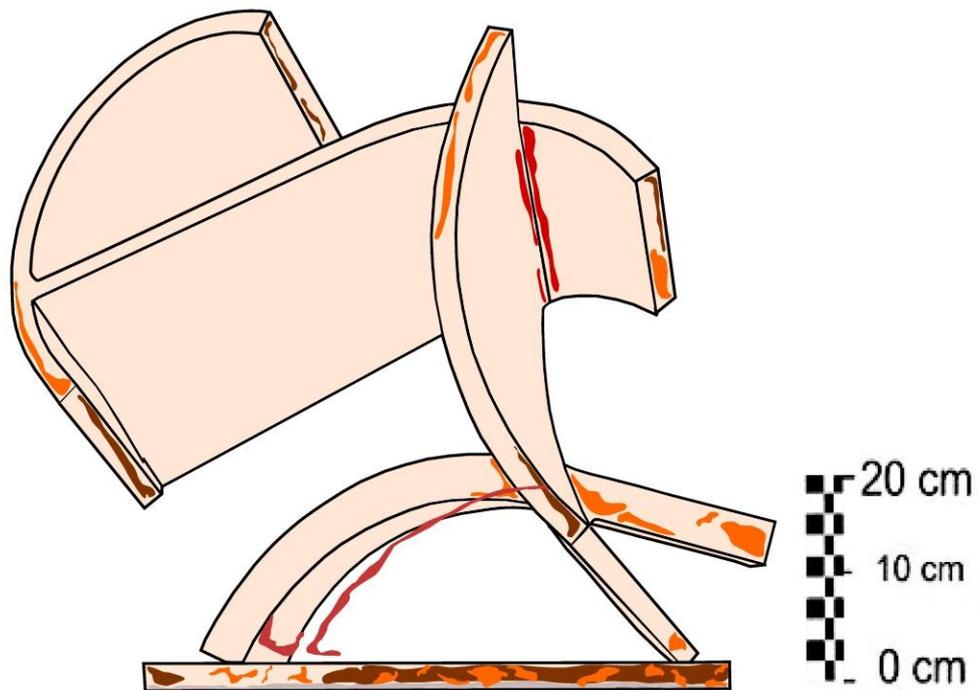
Al estar la escultura expuesta de una zona ajardinada, otro factor muy importante a tener en cuenta de carácter antrópico es el **agua de riego**, ya que la obra está recibiendo continuamente agua procedente de los aspersores, quedando estancada en determinadas zonas, lo que aumenta la probabilidad de que aparezcan nuevos productos de corrosión o de que se agraven los ya existentes.

⁵⁰ MAS, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnostico y tratamientos*, p. 86.

7.4. MAPAS DE DAÑOS.

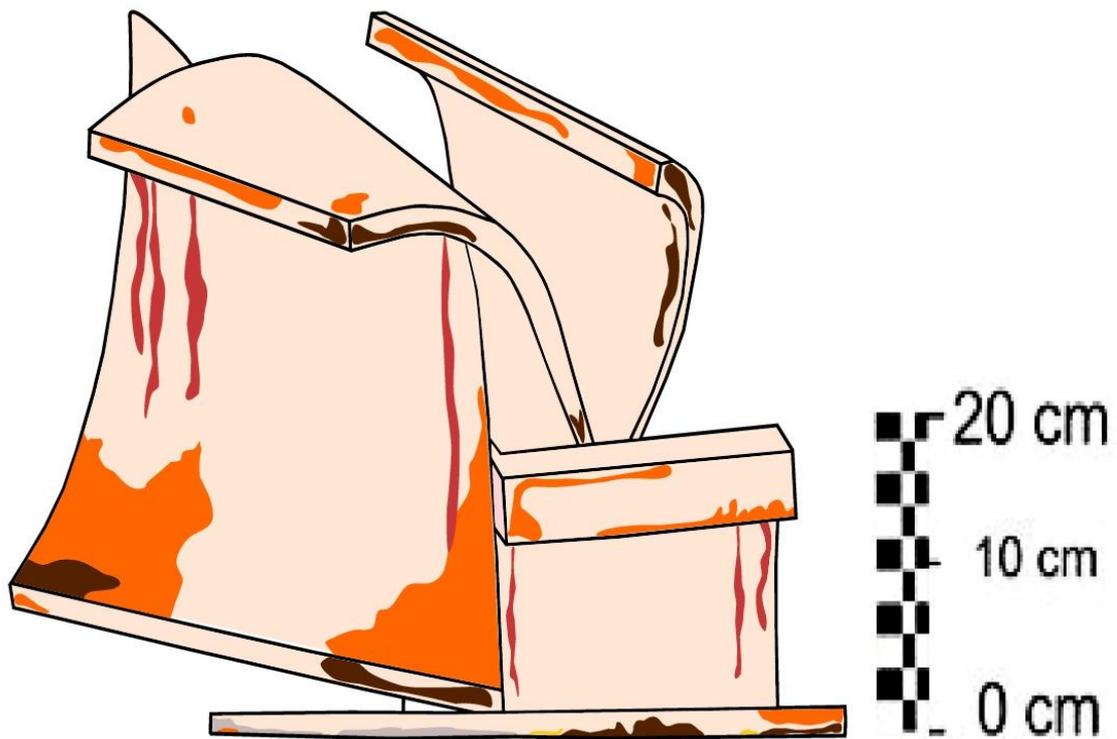
A continuación se muestran los diagramas de las patologías fundamentales que muestra la obra. No se muestra la peana de la misma al no ser objeto de este estudio.

FRONTAL



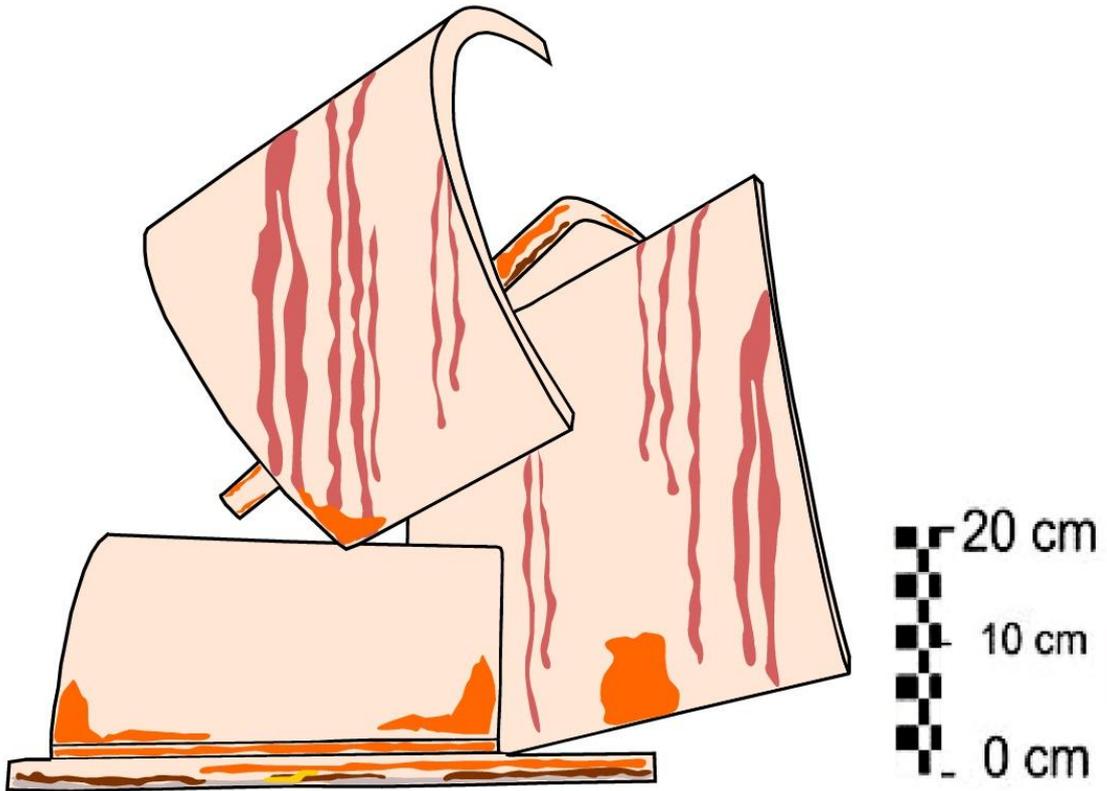
- Hematita
- Goetita
- Depósitos calcáreos
- Restos de insectos
- Suciedad superficial
- Disgregación del hierro

LADO DERECHO



-  Hematita
-  Goetita
-  Limonita
-  Depósitos calcáreos
-  Suciedad superficial
-  Disgregación del hierro

LADO IZQUIERDO



- Magnetita
- Goetita
- Limonita
- Depósitos calcáreos
- Suciedad superficial
- Disgregación del hierro

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Una vez analizadas y estudiadas las diversas patologías presentes en la obra, se proponen seguir un criterio de intervención lo menos invasivo posible, respetuoso con la obra, no alterando sus propiedades y utilizando materiales de fácil reversibilidad. Este proceso lo podemos estructurar en el siguiente orden:

1. Estudios analíticos previos.
2. Limpieza.
3. Consolidación.
4. Inhibición.
5. Protección final.
6. Reconstrucción volumétrica.

8.1. ESTUDIOS ANALÍTICOS PREVIOS.

La historiografía de la utilización de las técnicas analíticas en la conservación y restauración de elementos patrimoniales se remonta a finales del siglo XIX. La bibliografía específica sobre metodología analítica de las obras de arte refleja la abundancia de métodos y sistemas utilizados para la identificación de los sustratos metálicos y sus productos de alteración. Específicamente se recomienda la utilización de sistemas analíticos no destructivos, es decir, que no requieran extracción de muestras (aunque en la actualidad suele trabajarse con micromuestras)⁵¹.

Los métodos expuestos a continuación solo son una síntesis de los que se utilizan habitualmente para el análisis de piezas metálicas, pudiendo utilizar cualquiera de ellos para los estudios analíticos previos de nuestra obra:

- Rayos X.
- Tomografía axial computerizada (TAC).
- Voltamperometría de micropartículas.

Uno de los métodos más completos en el estudio de metales y que nos sería de gran utilidad en el análisis de la obra son los **Rayos X**, ya que permitirían hacer un estudio en profundidad del estado de la estructura interna de la pieza. Su modo operativo consiste en plasmar en una plancha radiográfica la imagen obtenida tras incidir radiación en el objeto, que resulta traspasado en proporción a la incidencia de longitud de onda de la radiación emitida, al número atómico de los elementos compositivos y al espesor de las láminas

⁵¹ DÍAZ, S. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p.38.

que constituyen la pieza. Los resultados obtenidos permitirían distinguir la composición y densidad de los sustratos, las técnicas de fabricación y montaje de la obra, la aparición de zonas mineralizadas, agrietadas, o fisuradas⁵². Esto nos posibilitaría una mejor elección del procedimiento a seguir a la hora de intervenirla.

Por otro lado, la **Tomografía axial computerizada (TAC)**, es una técnica de diagnóstico médico basado en la emisión de Rayos X que permite visualizar imágenes seccionadas por planos de un cuerpo u objeto y permitiría, al igual que en el caso anterior, el reconocimiento de la estructura interna de la obra, en base a la diferencia de su propia consistencia matérica, por medio de la emisión de Rayos X que atraviesan un objeto desde distintos ángulos. Las imágenes de secciones transversales generadas durante la exploración por TAC pueden ser reordenadas en múltiples planos, e incluso pueden generar imágenes en tres dimensiones que se pueden ver en un monitor de computadora, imprimir en una placa o transferir a medios electrónicos⁵³.

Por último, la **Voltamperometría de micropartículas** se basa en el registro del comportamiento electroquímico de un conjunto de partículas sólidas inmovilizadas sobre un electrodo inerte en contacto con un electrolito, lo que permitiría la obtención de información cualitativa y cuantitativa sobre la composición química⁵⁴ de los productos de corrosión presentes en la obra, permitiendo la elección del método de actuación más adecuado.

8.2. FASES DEL PROCESO DE INTERVENCIÓN.

8.2.1. Limpieza.

La limpieza es uno de los pasos más importantes del proceso de intervención de una obra, y concretamente en los metales, suele modificar la apariencia de los objetos, por lo que en gran medida somos responsables de este aspecto, ya que la decisión de retirar uno u otro compuesto, de seguir uno u otro estrato, suele ser una opción subjetiva⁵⁵. Al ser un proceso irreversible, es necesario que nos planteemos previamente dónde está el límite de la superficie original, qué es lo que va eliminar y por qué, qué hay bajo lo que va a eliminar, hasta dónde va a llegar en la limpieza, qué tipos de alteraciones se puede encontrar y a qué están asociadas.

⁵² DÍAZ, S; GARCÍA, E. Op Cit, p.41.

⁵³ *RadiologyInfo.org*. [consulta: 2016/10/20].

Disponibile en: <http://www.radiologyinfo.org/sp/submenu.cfm?pg=ctScan>

⁵⁴ SAURÍ, M.C. *Desarrollo de métodos voltamperométricos para la identificación de pigmentos en objetos artísticos y arqueológicos*, p.37.

⁵⁵ DÍAZ, S; GARCÍA, E. Op cit, p.46.

Se comenzará el proceso de limpieza con la eliminación en seco de la **suciedad superficial** no adherida a la superficie de la obra mediante brocha suave más aspiración, como es el caso de hojas secas procedentes de plantas y árboles, restos biológicos de insectos y productos de corrosión que se encuentren más pulverulentos y puedan eliminarse fácilmente.

Una vez eliminada la suciedad superficial de la obra, se realizarán una serie de catas de limpieza con métodos acuosos con diferentes sustentantes (geles y placas de agar-agar) con el fin de eliminar los **depósitos terrosos** de su superficie.

Posteriormente, se testará en el resto de **concreciones** y depósitos de suciedad más resistentes con disolventes polares (como alcohol y acetona), o disolventes apolares (como White Spirit o Xileno), entre otros, con la finalidad de averiguar con cuál se obtienen los mejores resultados, tal y como se especifica en la siguiente tabla:

ALTERACIONES	MÉTODO DE LIMPIEZA
Suciedad superficial y depósitos terrosos	<ul style="list-style-type: none"> - Brocha suave + aspiración. - Bisturí. - Lápiz de fibra de vidrio. - Alcohol etílico. - Acetona, etc.
Depósitos calcáreos	<ul style="list-style-type: none"> - Bisturí. - Lápiz de fibra de vidrio. - Vibroincisor, etc.
Productos de corrosión	<ul style="list-style-type: none"> - Bisturí. - Alcohol. - Acetona. - White Spirit. - Xileno. - EDTA, etc.
Restos de insectos	<ul style="list-style-type: none"> - Brocha suave. - Bisturí, etc.

Por último, procederemos a la limpieza o eliminación de los diversos **productos de corrosión y cloruros** presentes en la obra. Para ello, comenzaremos con una limpieza en seco con bisturí, lápiz de fibra de vidrio, o vibroincisor, entre otros. En el caso de que la limpieza en seco no fuera efectiva, procederemos a utilizar el disolvente más adecuado en cada caso tras los resultados obtenidos en las catas de limpieza, bien con hisopo o mediante cepillado suave.

En el caso de que los productos de corrosión sigan presentando resistencia, podemos optar por la aplicación de un agente complejante que se combina con el hierro disuelto procedente de la oxidación. Tal es el caso del EDTA tetrasódico⁵⁶ (ácido etilendiaminotetraacético). Para su aplicación se realizará un gel al 4% en agua destilada, añadiendo 4gr de agar-agar en polvo para espesar la mezcla. Tras permanecer durante unos minutos el gel sobre la pieza, eliminaremos y neutralizaremos con agua destilada. Tras la neutralización, secaremos bien la pieza, primero con Alcohol y posteriormente con Acetona.

8.2.2. Consolidación.

Una vez efectuada la limpieza de la obra procederemos a consolidar aquellas zonas en las que los productos de corrosión han provocado la laminación y disgregación del metal. Para ello utilizaremos una resina acrílica (Paraloid® B72 al 10% en acetona), que aplicaremos mediante jeringuilla para una mejor penetración del producto, y que servirá de estrato intermedio para su posterior sellado con resina epoxi si fuera necesario.

8.2.3. Inhibición.

Una vez limpia y consolidada la pieza, procederemos a inhibirla. Este tratamiento proporciona al metal una estabilidad de forma preventiva contra los procesos de oxidación-reducción y la acción de los ácidos y las bases, creando una barrera físico-química sobre la superficie metálica⁵⁷. Para ello, se procederá a desengrasar la pieza con alcohol y acetona.

Mientras, se prepara el inhibidor mediante una disolución a base de Ácido tánico al 5% en solución hidroalcohólica (1:1), con 5 gr de Ácido tánico diluidos en 50 ml de agua destilada y 50 ml de alcohol. Esta disolución debe tener un pH de 2,4 ya que es el valor que mejor funciona (el pH afecta en la

⁵⁶Los geles de EDTA tetrasódico son ácidos que captan iones metálicos, por lo que la herrumbre se desprende con mayor rapidez de la obra. La aplicación de complexonas da muy buenos resultados, pero al ir disueltas en agua, y neutralizar también con agua, la pieza se cubre con polvo de óxido que debemos eliminar. MYERS, R. *The 100 most important chemical compounds: a reference guide*, p.124.

⁵⁷ DIAZ, S.; GARCÍA, E. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p.56.

conservación del hierro), pudiendo añadir unas gotas de ácido fosfórico para ajustar este valor.

Aplicaremos el Ácido tánico con cepillo suave para asegurarnos una buena penetración del producto en la obra, asegurándonos que quede bien repartido.

8.2.4. Protección final.

Esta protección final se aplicará para proteger la pieza de agentes externos, en este caso de factores medio-ambientales, fundamentalmente de la humedad relativa⁵⁸. Para ello, utilizaremos una resina acrílica, concretamente Paraloid® B44, preparando una disolución al 15% en Acetona, que posteriormente rebajaremos al 10%.

Una vez preparada la mezcla, procederemos a aplicarla por toda la superficie de la obra con la ayuda de una brocha bien escurrida y extendiendo bien el producto.

Generalmente, a los objetos de hierro se les suele aplicar una segunda protección con cera microcristalina⁵⁹, pero al tratarse de una obra ubicada al aire libre, esta protección resultaría contraproducente para su conservación debido al punto de fusión de la cera, además de que atraería más suciedad.

8.2.5. Reconstrucción volumétrica.

Si fuera necesario, porque al limpiar se observan pérdidas significativas de material, se podría reintegrar, previo estrato intermedio con una resina acrílica tipo Paraloid, con resina epoxi con filtro ultravioleta + cargas y pigmento.

Este mismo método se utilizará para el sellado de las fisuras observadas en la base metálica de la obra.

⁵⁸ HAMILTON, D. *Methods of conserving archaeological material from underwater sites*, p.70.

⁵⁹ *Ibid*, p.71.

8.2.6. Temporalización.

En la siguiente tabla se detalla una hipotética temporalización mediante un diagrama de Gantt⁶⁰ para llevar a cabo la propuesta de intervención descrita con anterioridad. El tiempo de ejecución estimado es de aproximadamente un mes y en la que solo va a ser necesario el trabajo de un restaurador:

SEMANAS		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					
		DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	ESTUDIO DE LA OBRA																					
	Documentación fotográfica																					
	Estudio histórico-técnico																					
	Mapas de daños																					
2	ESTUDIOS ANALÍTICOS PREVIOS																					
3	PROCESO DE INTERVENCIÓN																					
	LIMPIEZA SUPERFICIAL																					
	LIMPIEZA EN PROFUNDIDAD																					
	Análisis de materiales (catas)																					
	Depósitos terrosos																					
	Concreciones calcáreas																					
	Productos de corrosión																					
	CONSOLIDACIÓN																					
	INHIBICIÓN																					
	PROTECCIÓN FINAL																					
4	RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA																					
	FOTOGRAFÍAS FINALES																					
5	INFORME FINAL																					
6	IMPREVISTOS																					

⁶⁰ El **diagrama de Gantt** es una herramienta gráfica muy útil cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

9. CONSERVACIÓN PREVENTIVA.

La conservación preventiva tiene que ver, no tanto con el objeto, sino con su entorno. La metodología aplicada no implica la intervención directa sobre la obra, sino la creación de condiciones adecuadas para la preservación, intentando atenuar o reducir el deterioro por medio del control de sus causas. Es de vital importancia conocer, tanto a los artistas como los materiales y las técnicas empleadas en la obra, ya que una vez transformados por el artista, generalmente los materiales originales dejan de ser reconocibles durante el examen visual. Además, debemos ser capaces de comprender el efecto de los agentes de deterioro sobre los distintos materiales y tomar las decisiones más adecuadas en cada caso, que son las que nos van a dictar los modos de actuación⁶¹.

Es necesario establecer un buen plan de conservación preventiva en obras con un emplazamiento urbano, enfocado a minimizar los efectos provocados por el hombre y el medio. Por ello, se proponen una serie de medidas, tanto generales, orientadas a la conservación preventiva de las obras integrantes del Campus Escultòric de la UPV, como particulares, enfocadas en la conservación preventiva de la obra de J. Oteiza.

Medidas generales:

- Se recomienda la formación de un equipo de trabajo especializado encargado de supervisar y realizar limpiezas periódicas de las esculturas del Campus Escultòric de la UPV para eliminar restos de suciedad ambiental, restos biológicos provocados por aves e insectos, u otro tipo de partículas que se hayan podido depositar sobre la superficie de las obras, para evitar o ralentizar la aparición de nuevos productos de corrosión.

Medidas particulares:

- Tras periodos de lluvias, desplazarse al lugar de ubicación de la escultura para eliminar el agua que haya podido quedar estancada en su base con la finalidad de reducir todo lo posible que se desencadenen nuevos procesos de corrosión.
- Mantener los árboles y plantas circundantes en óptimas condiciones en lo concerniente a poda y control de plagas, con el fin de reducir o evitar la propagación de insectos y la acumulación de hojas secas sobre la obra.
- Se recomienda al personal encargado del mantenimiento de los jardines de la UPV que eviten mojar la escultura con el agua de riego.

⁶¹GARCÍA, I. M. Op Cit, p. 45.

10. CONCLUSIONES.

A partir de los objetivos planteados en el inicio de este Trabajo fin de Grado y según los análisis y estudios realizados, podemos concluir que existen tres grandes factores que han llevado a la obra al estado de conservación en el que se encuentra actualmente: su emplazamiento, los materiales compositivos de la misma y una falta de control conservativo de la pieza.

La ubicación de la obra, situada en una zona urbana y ajardinada, con alto grado de humedad y cercana a la costa, ha sido la causa fundamental de los deterioros que presenta. Su constante exposición al agua, el oxígeno, la temperatura, el viento y la contaminación atmosférica (factores medioambientales), así como al agua de riego (factor humano), han interactuado con el material férreo, desencadenando toda una serie de reacciones químicas y de procesos de degradación, que han derivado en los graves problemas de corrosión (limonita y goetita principalmente) y cloruros activos visibles en la obra.

La laminación y disgregación del metal de la base de la pieza, pone en grave peligro su integridad, siendo necesaria una acción restaurativa que frene este deterioro.

Cabe destacar que aunque el hierro es un metal químicamente muy inestable con alta tendencia a la oxidación y herrumbre, los mecanismos de deterioro se han visto acelerados al exponer la obra en un espacio al aire libre.

De todo lo anteriormente expuesto se desprende que es de vital importancia llevar un control periódico del estado de conservación de todas las esculturas del Campus Escultòric de la UPV, y más concretamente las que están realizadas con soporte metálico, que ayude a poner freno o a ralentizar los procesos de degradación ocasionados por los motivos expuestos anteriormente y que facilite su perdurabilidad en el tiempo.

11. BIBLIOGRAFÍA.

- ALONSO, J.M. *Metodología y técnicas de conservación de objetos arqueológicos de hierro: Estudio cuantitativo y comparado de la estabilización de ocho objetos del yacimiento medieval de Medina Elvira (Granada)* [tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada, 1995.
- ÁLVAREZ, S. *Oteiza: pasión y razón*. San Sebastián: Editorial Nerea S.A, 2003.
- DÍAZ, S; GARCÍA, E. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Madrid: Editorial Secretaría general técnica, 2011.
- DOMÉNECH, M.T. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2013.
- GALLACCIO, A. *Atmospheric corrosion of metals*. Baltimore: ASTM Special Technical Publication 767, 1982.
- GARCÍA, I. M. *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*. Madrid: Alianza Editorial, S.A, 2013.
- HAMILTON, D. *Methods of conserving archaeological material from underwater sites*. Texas: Texas A&M University, 1999.
- MYERS, Richard L. *The 100 most important chemical compounds: a reference guide*. Westport, Conn.: Greenwood Press, 2007.
- MUÑOA, P. *Oteiza, la vida como experimento*. Irún: Alberdania, S.L, 2006.
- MORENO, I. *Oteiza*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2005.
- PALOMINO, Y. *Informe del estado de conservación del panteón Puig-Boronat. Cementerio general de Valencia* [trabajo fin de grado]. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2015.
- SAURÍ, M.C. *Desarrollo de métodos voltamperométricos para la identificación de pigmentos en objetos artísticos y arqueológicos* [tesis doctoral]. Valencia: Universidad de Valencia, 2007.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. *Esculturas del campus de la Universidad Politécnica de Valencia*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Campus en tercera dimensió* [catálogo]. Valencia: Universitat Politècnica de València, 1993.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. *Fonsd'Art Contemporani*. Valencia: 1995.

MAS, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnostico y tratamientos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2011.

DOCUMENTOS ONLINE Y PÁGINAS WEB:

Hierro-Propiedades del hierro-Elementos. [Consulta: 2016/10/05]. Disponible en: <http://elementos.org.es/hierro>.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Área de Fondo de Arte y Patrimonio UPV*. [Consulta :2016/06/17.]
Disponible en:<http://www.upv.es/entidades/FPA/>

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Colecciones del Fondo de Arte y Patrimonio*. [Consulta :2016-06-01]. Disponible en
<http://www.upv.es/entidades/FPA/info/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.
Agencia estatal de meteorología. Madrid: Gobierno de España.
[Consulta: 2016/10/05]. Disponible en:
<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/valencia-id46250>.

MUSEO NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFÍA. *Jorge Oteiza y el Propósito experimental*. [Consulta: 2016-07-05]. Disponible en:
<http://www.museoreinasofia.es/sites/default/files/salas/informacion/407.pdf>

DIGITAL VASCA, S.A. *La huella que marcó a Oteiza en los 50 e inspiró su 'Unidad Malévich'*. [Consulta: 2016-07-05]. Disponible en:
<http://www.diariovasco.com/pg060711/prensa/noticias/Cultura/200607/11/DVA-CUL-283.html>

RadiologyInfo.org. [consulta: 2016/10/20].
Disponible en:
<http://www.radiologyinfo.org/sp/submenu.cfm?pg=ctScan>

12. ÍNDICE DE IMÁGENES.

- Fig. 1 y 2. Ubicación actual de la escultura.
Fuente: <http://www.upv.es/entidades/FPA/>
[Consulta 2016-06-17]
- Fig. 3. Pablo Serrano: Unidad Yunta, 1970.
Fuente: <http://campusescultoric.cultura.webs.upv.es>
[Consulta 2016-06-17]
- Fig. 4. Escultor Jorge Oteiza.
Fuente: <https://www.google.es/search?q=jorge+oteiza>[consulta 2016-06-18]
- Fig. 5. Jorge Oteiza: Variante ovoide de la desocupación de la esfera, 1958.
Fuente: www.macba.cat
[Consulta 2016-06-20]
- Fig. 6. Jorge Oteiza: Caja metafísica, 1958.
Fuente: <http://www.epdlp.com>
[Consulta 2016-06-20]
- Fig. 7. Jorge Oteiza: Homenaje a Malevitch , 1957.
Fuente:http://elpais.com/diario/2004/01/30/cultura/1075417202_850215
[Consulta: 2016-07-15].
- Fig. 8: KazimirMalevitch : Aeroplane Flying.1915.
Fuente: <http://www.wikiart.org>
[Consulta: 2016-07-20].
- Fig. 9: *Frontal*.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 10: *Lado izquierdo*.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 11: *Lado derecho*.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 12 y 13. Detalle de suciedad superficial desconchada.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 14. Suciedad superficial y depósitos calcáreos.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 15. Laminación y disgregación del metal.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.
- Fig. 16. Corrosión generalizada y fisura en la base metálica.
Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 17. Escorrentía de óxido.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 18. Detalle de productos de corrosión y cloruros.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 19. Productos de corrosión presentes en la obra.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 20. Reacción REDOX.

Fuente: www.quimicasegundobach.blogspot.com

[Consulta: 2016-08-21]

- Fig. 21. Presencia de insectos (*oniscidea*).

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 22. Telas de araña.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 23. Deyecciones de aves.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.

- Fig. 24. Hojas de árbol secas depositadas sobre la obra.

Fuente: Imagen de la autora de este TFG.