



**UNIVERSIDAD NACIONALAUTÓNOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS**

**LA RADIOGRAFIA ENLA OBRA DE ARTE**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ARTES VISUALES**

**PRESENTA:**

**HUGO DANTE ROMO RIVERA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
MAESTRO ULISES VERDE TAPIA**

**MÉXICO, D.F, 2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Índice:

Introducción

Capítulo I. La técnica radiográfica aplicada a la autenticación y restauración de las obras de arte.

I.1.-Restauracion y autenticación.

I.2.-Metodos convencionales para autenticación y restauración.

Capítulo II.- El ensayo radiográfico como ensayo no destructivo sin contacto y su empleo en la valoración del estado de las obras de arte.

II.1.- Ensayos no destructivos.

II.2.-Naturaleza de los ensayos no destructivos.

II.3.-Ensayos no destructivos aplicados a las obras de arte.

II.4.-Las etapas en la aplicación de un ensayo no destructivo.

II.4.1.- Método y técnica.

Conclusiones.

## INTRODUCCION

Las obras de arte constituyen una parte importantísima del patrimonio cultural de la Humanidad. Desde un punto de vista útil, las creaciones artísticas pueden dividirse en dos grande grupos.

- a) Creaciones esencialmente independientes del soporte material
- b) Creaciones inseparables de un soporte material

Como ejemplo de las primeras están la música o la literatura y de las segundad la pintura o la escultura.

Una situación ambigua dentro de esta clasificación la tienen las artes escénicas o el ballet.

Como la anterior división por su simplicidad puede inducir a equívocos conviene, siquiera sea brevemente, analizar la índole de la creación artística.

En la naturaleza las cosas ocurren por azar, o porque tiene que ocurrir. En el reino de lo sumamente pequeño la razón última de los sucesos es aleatoria mientras que en el mundo de las cosas de nuestra talla nada acontece si no existe una causa concreta para ello. Así en el primer caso las leyes de la naturaleza son eminentemente estadísticas y en el segundo deterministas. No es posible preceder en absoluto cuando va a producirse la desintegración de un átomo radioactivo concreto pero sí puede conocerse con precisión bastante en qué lugar del cielo estará el planeta Júpiter a las seis y media de la mañana de un día 15 de Agosto de dentro mil quinientos años.

Es propio de los sucesos deterministas que tengan una causa, esto es, que se produzcan como consecuencia de un hecho anterior. Dicho de otro modo: las causas de los sucesos se encuentra en el pasado de estos. De hecho las nociones causa y efecto se generan por la asociación plausible y sistemática de sucesos tales

que no se da uno sin el otro, definiéndose como causa al anterior en el tiempo y como efecto al posterior.

El comportamiento humano es completamente diferente; ni es aleatorio como el del átomo radioactivo ni es inexorable como el movimiento del planeta en su órbita. El hombre en su comportamiento está obligado a elegir en cada acto consciente y pese a la aparente contradicción de ambos términos. Y esa elección que se manifestara en un comportamiento concreto, viene determinada por un propósito que juega en lo humano el papel de la causa en el mundo físico. Sin embargo, a diferencia de esta, el propósito no se encuentra estrictamente en el pasado del acto consciente sino se proyecta desde su futuro. El hombre, en su comportamiento humano, no actúa empujando desde el pasado por causa, sino atraído desde el futuro por propósitos. Pudiera parecer que al hombre, como objeto físico en el mundo, le estuviera vedado actuar así. Esto no es sino es prejuicio determinista. En realidad en el mundo en el que nos desenvolvemos, si bien regido por leyes naturales inmutables, tolera perfectamente lo aleatorio. No es difícil ampliar un suceso no determinista ocurrido en la escala atómica para producir un suceso macroscópico como el sonido de un timbre o del destello de una lámpara. Es evidente que en su último origen estos fenómenos tan llamativos no tendrán una causa determinada. Consecutivamente no hay tampoco contradicción entre la obligatoriamente libre elección humana y las leyes inmutables de la naturaleza.

Hechas estas imprescindibles consideraciones estamos en condiciones de volverse sobre la obra de arte.

¿Cuál es el propósito del artista cuando se emprende la realización de un cuadro, o la composición de una sinfonía? En todos los casos se trata de contar algo que los demás nosaben y él sí. En tal sentido todo arte es un lenguaje específico e insustituible. No es, en efecto, posible decir con música lo que dice Miguel Ángel en su Juicio Final, ni puede comunicarse escultóricamente el discurso musical de la

Pastoral. Otra cosa es que una determinada obra de arte inspire otra expresada en otro lenguaje, La “Barca de Dante” de Delacroix es mucho más que una ilustración de un paisaje concreto de la Divina Comedia, pero es mucho menos que una transcripción de los versos de Dante al lenguaje pictórico. .De hecho son obras que no tienen otra cosa en común que la somera alusión temática. Cuando Musogsky compone los “Cuadros de una Exposición” no pretende contarnos lo que tales cuadros comunican al visitante, sino su impresión como visitante de los cuadros, que es cosa bien distinta a tratar de sustituir los cuadros con la música.

Volviendo a la clasificación que dimos al principio, nos encontramos con que la obra musical o poética el propósito del artista se registra en signos abstractos estéticamente neutros. Así la partitura o el texto poético en sí, en principio no son obras de arte, sino mera ayuda técnica para la interceptación, por lo cual la obra manifiesta al público. En el caso de la música, mediante instrumentos o voces; en el caso de la poesía por lectura o recitación. Para mejor entender esto, basta con caer en la cuenta de que sacar una fotocopia de la partitura de la “Sinfonía del Nuevo Mundo “no es copiar la “Sinfonía del Nuevo Mundo, cuya esencia se encuentra en otra dimensión que la de convencional notación musical.

En cambio con las artes llamadas plásticas la situación es diferente. El soporte material además de representar la posible forma de expresión de la obra de arte, es la propia obra de arte.

El “Perseo” de Cellini no es una idea interpretada en bronce: es el propio bronce concreto con las formas concretas que le dio el artista en dura pelea con el material. En cambio la “Novena Sinfonía” es la “Novena Sinfonía” aunque no se oiga y de hecho el propio Beethoven, ya sordo no la escucho jamás. De ahí que la obra plástica se manifieste en ejemplares únicos e irrepetibles de los que es imposible, estrictamente sacar copia. La excepción que confirma la regla sería del grabado, que el artista realiza, preciosamente para ser reproducido.

## **Capítulo I.- Introducción a la Técnica Radiográfica aplicada a la autenticación y restauración de las Obras de Arte**

### **1.1 Restauración y autenticación**

#### **1.2.3 Métodos convencionales para autenticación y restauración**

## 1.2.- RESTAURACION Y AUTENTIFICACION

Lo anterior nos lleva a un problema grave. Si la obra plástica esta inevitablemente ligada a la materia mediante la cual se expresa, y la materia, como la experiencia nos muestra, tiene a modificarse con el paso del tiempo, la obra plástica inevitablemente condenada a la degradación.

Pudiera ocurrir que los azares de la historia llevarsen a la Humanidad a olvidar el Quijote. Pero esto sería algo muy distinto a que la prosa cervantina con los años y poco a poco se fuera convirtiendo en jerga ininteligible para los conocedores del Castellano del siglo XVI, por el contrario un cuadro, una catedral o una estatua, aunque no lo olvidemos, se irán deshaciendo poco a poco ante nuestros ojos si no tomamos providencias para evitarlo, o al menos, para retrasar el proceso tanto como sea posible.

Pero hay más. A parte del deterioro debido al tiempo, la obra de arte plástica corre otros riesgos inverosímiles para la obra poética o musical: puede ser robada y falsificada. ¿Quién va a sustraer la partitura de una obra maestra si su valor es meramente el editorial? Y aún en el caso de robarse el original, el valor de ésta sería el histórico, no el artístico. De hecho, la inmensa mayoría de los originales de las obras de la literatura universal ya no existen; es sin duda una pérdida histórica, pero las obras, llegadas a nosotros en copias de copias, las poseemos. Y aún más extraña es la posibilidad de falsificación, cuyo único valor sería el de anticuario y esto en el supuesto de tratarse de originales.

Otra vez el caso de la obra plástica es distinto: quién roba un cuadro se apropia de la totalidad del valor de la obra: tanto del histórico, sentimental o patriótico, como del estético, que en el caso de las obras maestras es inconmensurablemente superior a los otros. Asimismo quien lo falsifica, pretende incorporar simulados todos estos valores a la obra falsa para cambiarla por dinero auténtico.

Dejando de lado la cuestión del robo del arte, atañen a este curso dos cuestiones: una, apuntada antes, la del deterioro de las obras y otra, la de su legitimidad. La primera, para tratar de ver cómo puede diagnosticarse su estado y proponer remedios. La segunda, para descubrir la imitación o autenticar lo legítimo, tarea esta última que muy frecuentemente no tiene que ver con actos fraudulentos sino con errores históricos de atribución.

### **1.2.1.- Métodos convencionales para autenticación y restauración.**

#### **a) Autenticación**

Se basa en:

- Documentación que permita relacionar sin solución de continuidad al autor con el actual propietario.
- Fuentes históricas o artísticas que contengan información sobre la obra
- Estudios estilísticos que permitan comparar la obra con la de otros autores conocidos
- Estudios no destructivos o microdestructivos que establezcan la técnica de realización de la obra y posibiliten su comparación con la auténtica conocida del artista a quién en principio se atribuye.

## **b) Restauración**

Requiere previamente:

- Autenticación de la obra o, al menos, de la época y escuela
- Conocimiento de los materiales y técnica de ejecución propios del artista o, al menos, de la época y escuela
- Conocimiento del estado y técnica del artista o, al menos, de las características de la época o escuela
- Medios técnicos, no destructivos, o a lo sumo, micro destructivos, para establecer la técnica y materiales concretos con los que se ha realizado la obra y estado real de la misma.

Acerca de esta clasificación conviene decir dos cosas. La primera es que aunque de aplicación general a cualquier obra plástica, tiene que ver sobre todo, con pinturas, por ser éstas, con mucho, las más delicadas y difíciles tanto de restaurar, como de autenticar, cuando sólo se tiene la obra como base. La otra cosa es que durante mucho tiempo la autenticación se basó en cuestiones estilísticas o historiográficas cuando no existía base de documental incontrovertible. Igualmente la restauración se hacía hasta hace relativamente poco basándose, en el mejor de los supuestos, en el buen conocimiento del modo de hacer de el pintor y en el comportamiento de los soportes, amén de emplear tratamientos superficiales para la limpieza de superficies o eliminación de barnices, llegando, cuando era imprescindible, a la transposición de la pintura a soportes nuevos.

La aplicación de métodos físicos de análisis e inspección para establecer la naturaleza o estado de una obra fue al principio acogida con reticencia por los profesionales que con una formación esencialmente humanística recelaban de

procedimientos que no acababan de comprender con profundidad. Actualmente esta situación parece definitivamente superada y estos métodos de laboratorio debidamente adaptados a los problemas implicados en la restauración y autenticación, no solo son de uso común sino que tienden a ser decisivos a la hora de decidir la paternidad de una obra, su estado real de conservación, o el modo según el cual fue hecha, extremo éste sobre todo importante en el caso de la obra escultórica.

De la copia de estos métodos hoy aplicados, (técnicas, micro y taleanalíticas, refractografía infrarroja, fluoroscopia U.V., ultrasonidos, corrientes inducidas, etc.) este tema se ocupará de la radiografía, por ser esta técnica la única capaz de dar una información en profundidad del estado y naturaleza del material ensayado. No obstante conviene advertir desde ahora que frente a la ventaja apuntada y su cualidad de no producir menoscabo alguno en la obra examinada, es una técnica relativamente complicada que requiere un buen conocimiento de los principios en que se funda, una cierta habilidad operativa y experiencia en la interpretación de los resultados que procura. Esto sin contar con la conciencia de que se trata de un método potencialmente peligroso para las personas y que requiere de autorización legal para su empleo.

**Capítulo II.- El Ensayo Radiográfico como ensayo no destructivo sin contacto y su empleo en la valoración de Obras de Arte.**

**II-1.- Ensayos: Ensayos no destructivos**

**II.2.- Naturaleza de los END**

**II.3.- Ensayos no destructivos aplicables a las obras de arte**

**II.4.- El uso racional de los ensayos no destructivos en el examen de obras de arte.**

**II.4.1.- Las etapas básicas en la aplicación de un Ensayo no Destructivo**

**II.4.2.- Método y Técnica**

**II.4.3.- Procedimientos y especificaciones**

## **II.1.- Ensayos: Ensayos No Destructivos.**

El uso tiende a deteriorar las cosas, a pesar de que las obras plásticas de arte no son objetos de uso, o mejor dicho, su uso consiste en ser contempladas, el mero paso del tiempo las deteriora: en primer término por el lento pero constante proceso de degradación de la materia bajo la acción de la humedad, los cambios de temperatura, el polvo, etcétera. En segundo lugar porque el tiempo es el marco donde se sitúan sucesos imprevistos que pueden dar al traste o deteriorar la obra de arte incendios, guerras, inundaciones o atentados, por poner algunos ejemplos.

El estado de la obra de arte, esto es su grado de deterioro sólo puede determinarse por ensayos. Como todo ensayo implica una interacción con la materia de la obra deberán descartarse aquéllos en los que esta interacción implique un deterioro significativo de la misma y preferirse los que no lo conduzcan en absoluto. A estos últimos llamaremos ensayos no destructivos (END). Ejemplos de estos ensayos son la inspección visual, la reflectografía infrarroja, o la radiografía.

Los EDN no solo sirven para determinar el estado de una obra de arte con vistas a su eventual restauración para tomar providencias correctas para su mejor conservación, sino también para estudiar el modo de trabajo del artista, la estructura de la obra o apoyar su autenticación: esto es su atribución a un autor, a una escuela o, al menos, a una época. Por ejemplo: mediante la reflectología infrarroja pueden establecerse los bocetos iniciales que subyacen a ciertas pinturas y verificar los cambios introducidos en su realización por el artista. Por métodos holográficos se han estudiado los efectos de las variaciones de temperatura en las puertas de bronce de Ghibertí en el Baptisterio de Florencia y la consiguiente inducción de tensiones internas en el metal. Utilizando la radiografía pudo comprobarse el número de piezas que forman la Piedad de Miguel Ángel,

antes de proceder a su traslado provisional a Nueva York, hace unos años. Y así podríamos seguir dando ejemplos.

Los EDN tienen desde hace tiempo amplio campo de aplicación en la industria, por no hablar de la medicina, como medio de diagnóstico. Sin embargo es importante señalar que no hay ensayos no destructivos "per se"- Un ensayo puede ser inofensivo en un caso y agresivo en otro. Por ejemplo: los ultrasonidos son de uso común en el ensayo de materiales industriales. Sin embargo su empleo en objetos artísticos debe sopesarse previamente pues la necesidad que tiene esta técnica de usar medios de acoplamiento fluido o viscoso puede vetar su empleo en muchos casos. Incluso la radiografía que es un método de ensayo no destructivo sin contacto puede resultar catastrófica si se investiga un bulto que contenga material sensible fotográfico.

## **II.2.- Naturaleza de los Ensayos No Destructivos.**

Todos los ensayos no destructivos son métodos físicos que nos dan información acerca de características físicas generales o locales de los objetos.

Por el tipo de información que proporcionan los ensayos no destructivos pueden agruparse en:

- a) END que ponen de manifiesto discontinuidades físicas locales (defectología)
- b) END que evalúan el estado físico general o local de los materiales (caracterización)
- c) END que permiten realizar medidas por métodos indirectos, cuando los métodos metroológicos normales no son aplicables (metrología)

Los del primer grupo son sensibles a la variación de una característica física local. Esta variación denuncia la presencia de una discontinuidad física en el material.

Ejemplo 1°.

La preferencia de una mancha roja sobre un fondo de otro color se detecta inmediatamente por el método de inspección visual. La mancha roja se ve porque tiene un color distinto que el fondo. Dicho así parece una trivialidad, sin embargo dicho en términos físicos va esclarecer el concepto de discontinuidad, que no es trivial. En efecto: vemos la mancha roja porque fuera de ella la propiedad física de la rojez desaparece y tal propiedad consiste en la capacidad de la mancha de absorber una cierta longitud de onda. En este sentido la “rojez” es el criterio para evaluar la existencia de la cierta longitud de onda. En este sentido la “rojez” es el criterio para evaluar la existencia de la discontinuidad que hemos llamado “macha”, según las exigencias del método de inspección visual.

Obviamente si el fondo fuese rojo, o la mancha tuviese el color del fondo, ésta no sería detectable por el método.

Ejemplo 2°.

Si detectamos la presencia de una cavidad en una estatua, mediante ultrasonidos, estos funcionan como la vista en el ejemplo anterior. En este caso la propiedad física no es el color, sino la impedancia acústica. La cavidad se detecta por ultrasonidos como discontinuidad porque la propiedad física de la “impedancia acústica” es diferente en ésta que en el material.

Ejemplo 3°.

La posible existencia de un arrepentimiento en una pintura, aparece radiográficamente porque la propiedad física conocida como coeficiente de absorción de los rayos X es distinta en la zona “arrepentida” que en el resto.

Y así sucesivamente.

Esto muestra como es necesario para aplicar un método de END tener claro que se a buscando y si el método que se pretende aplicar es sensible a ello.

En la caracterización, el ensayo cuenta con una respuesta normal del material frente a la determinación de una propiedad física (por ejemplo la conductividad eléctrica); la variación de esta propiedad respecto a sus valores supuestamente normales, permiten inferir consecuencias acerca de la naturaleza o estado del material.

Ejemplo 4°.

Si midiendo por corrientes inducidas la conductividad de un broce, se aprecian variaciones de unos puntos a otros podemos asegurar que su composición no es uniforme. Si se dispone de una colección de probetas de bronce de composiciones conocidas es posible seguir las variaciones de composición en la pieza en términos cuantitativos por comparación con las conductividades de los patrones.

Finalmente, en la metrología mediante END se hace uso de ciertas leyes de la física aplicables a ciertos ensayos para inferir medidas.

Ejemplo 5°.

La medida de espesor de la cáscara de bronce de una estatua se realiza con precisión y rapidez mediante ultrasonidos. La ley física involucrada es la de la constancia de la velocidad de propagación del sonido en medio homogéneo. Sí se mide el tiempo entre la transmisión y recepción de una señal ultrasónica es fácil conocer el camino recorrido. Multiplicándolo por el valor de la velocidad de propagación en el medio que es, en general, conocida.

Ejemplo 6°.

Las medidas de las deformaciones inducidas por variaciones térmicas en un objeto pueden determinarse con gran precisión por interferometría holográfica aplicando las leyes de interferencia de fenómenos ondulatorios, como la luz.

### **II.3.- Ensayos No Destructivos aplicables a las Obras de Arte.**

De acuerdo con la naturaleza de los ensayos no destructivos comentados en el párrafo anterior, puede haber tanto tipos de ensayos como propiedades físicas pueda tener un material y así el número de ensayos no destructivos podría ser muy elevados. Sin embargo, las características de los objetos a ensayar, y limitaciones técnicas de muchas clases reducen fuertemente el número de ensayos prácticamente posibles. No obstante entre métodos variantes técnicas importantes existe actualmente más de un centenar. Debemos apresurarnos a señalar que la mayor parte de estos ensayos tienen aplicaciones muy concretas o sus servidumbres técnicas son tan grandes que solo en casos muy justificados pueden emplearse. Por ejemplo: el análisis de ruido Backhausen sólo tiene por hoy aplicación en estudios de estructuras cristalinas como alternativa a la difracción de rayos X la tomografía axial computarizada comporta equipos muy caros y complejos cuyo coste sólo pueden asumir instalaciones sanitarias muy potentes para diagnosis medica.

En caso de las obras de arte aún deben eliminarse otros cuyo carácter intrínseco puede resultar destructivo. Tal es el caso de los líquidos penetrantes.

Teniendo en cuenta estas limitaciones pasamos a enumerar los ensayos que en principio tienen aplicación en el estudio e objetos arqueológicos o artísticos. A saber:

#### **Inspección visual (IV).**

Realizable a simple vista o mediante ayudas ópticas sencillas tales como lupas, microscopios, anteojos (para objetos inaccesibles) etc. Mención especial requiere la observación de lugares inaccesibles por lo recóndito de la IV directa. La endoscopía es la técnica específica del método de la inspección visual que se emplea en estos casos y que requiere una instrumentación especializada (endoscopio). El agente físico del método en la luz visible.

### **Reflectografía Infrarroja (R.I.)**

Es una especie de inspección visual realizada con rayos infrarrojos y exploración mediante cámaras TV especiales. –el agente utilizado es la luz infrarroja. La fotografía infrarroja es una variante sencilla.

### **Fluoroscopia ultravioleta (F.UV.).**

Básicamente se trata de un método fotográfico que registra la fluorescencia de ciertos pigmentos, barnices, etc., cuando son iluminados con luz ultravioleta. El agente es luz ultravioleta.

### **Radiografía y gammagrafía (R), (G).**

Son medios fotográficos en los que se registra sobre películas especiales las sombras transparentes arrojadas por objetos opacos a la luz cuando son iluminados mediante rayos X o gamma. El objeto de este curso es precisamente estudiar esta técnica.

### **Termografía (T).**

Consiste en la exploración mediante cámaras ultrasensibles en el infrarrojo de objetos densos que emitan esta radiación diferencialmente revelándose así detalles ocultos. La estimación de la radiación diferencia puede hacerse por calentamiento uniforme o por enfriamiento

### **Holografía (H).**

Basada en la interferencia de haces de luz coherente (producido por emisión LASER) permite determinar deformaciones mínimas que denuncian estados de tensión en el material.

### **Fotogrametría (F).**

Consiste en una técnica fotográfica especial en la que a partir de vistas de un objeto tomadas desde puntos diferentes se reconstruye su relieve superficial con gran precisión.

## **Ultrasonidos (US).**

Este método se basa en transmitir al material que se investiga una vibración mecánica de alta frecuencia (Generalmente entre 0,5 y 10 MHz) estudiando sus reflexiones y midiendo el tiempo que tardan en recibirse estas (o los haces transmitidos). Es un método ideal para determinación de espesores inaccesibles a la metrología ordinaria. Sin embargo, a diferencia de los métodos procedentes, es necesario establecer contacto con el objeto y, casi siempre cubrir éste con un medio de acoplamiento más o menos fluido: agua, aceite mineral, vaselina, etcétera, lo que restringe fuertemente su campo de aplicación.

Hoy se experimentan con ultrasonidos generados y captados por laser, lo que evitaría el inconveniente del medio de acoplamiento pero estas técnicas aun no están disponibles en el campo de la restauración. Las técnicas de US más precisas requerirán la inmersión de la pieza en un líquido lo que las hace en general inaplicables al campo que nos ocupa.

## **Termoluminiscencia (T).**

Utiliza la propiedad de ciertas sustancias de emitir una luz característica (de cierto color, longitud de onda) cuando son calentados a temperaturas relativamente altas. Esta razón limita el empleo del método a materiales cerámicos o vítreos. Razones técnicas muestran que estos materiales al ser fabricados quedan con termoluminiscencia nula, pero si son luego irradiados a propósito; por ejemplo con rayos X, o por la mera acción de la radiación ambiente con el tiempo, ciertos componentes pueden ponerse de manifiesto como emisores de luz al ser calentados de nuevo. En realidad la T puede considerarse más bien un método analítico semicuantitativo interpretable en clave de datación.

## **Corrientes inducidas.**

Aplicables solamente a objetos metalizados por aproximación de una bobina de inducción al material. Las diferencias de conductividad eléctrica de este se traducen en variaciones de impedancia de la bobina de las que se deduce la causa de aquellos.

Muy útil para detectar reparaciones camufladas. Aunque es un método con contacto, no requiere medio de acoplamiento. Otras aplicaciones: medición de espesores

de recubrimiento de materiales preciosos, identificación de aleaciones no ferromagnéticas, etcétera.

### **Métodos magnéticos.**

De los numerosos ensayos no destructivos basados en las propiedades electromagnéticas o magnéticas de los materiales quizá el único hoy aplicable para la dotación de cerámicas sea la medida de campos magnéticos creados en los óxidos de hierro por su permanencia inmóvil (en yacimiento) en el campo magnético terrestre.

### **Métodos acústicos.**

El de mayor aplicación es el de excitación por impacto (tap colin) para descubrir revestimientos mal adheridos.

A continuación se resumen en un cuadro los métodos de ensayo no destructivos de aplicación y valoración funcional.

#### **II.4.- El uso de los Ensayos No Destructivos en el examen de Obras de Arte.**

Pudiera parecer que fuera posible aplicar los ensayos no destructivos directamente a los problemas que han de resolver. Avalaría esta inexorable creencia el hecho de que aparentemente así se hace con los más conspicuos. En efecto, la inspección visual, por ejemplo, parece aplicarse sin otro requisito que los obvios de ver bien y disponer de luz suficiente. Sin embargo aún en este caso (y sobre todo este caso) se pasa por alto que no basta con que se cumplan las condiciones dichas pues es, además, imprescindible que el observador entienda lo que ve y cómo lo ve, supongamos que en una pintura hay una zona agrietada en círculos concéntricos conectados por fisuras radiales de tal modo que el conjunto deteriorado presenta aspecto aspecto de una fina “tela de araña”. Para un simple observador tal estructura pudiera pasar desapercibida por estar su atención pendiente del aspecto pictórico de la superficie y aún en el caso de fijarse en ella, a lo más que llegaría es a admirarse de su curioso aspecto. Para el observador avisado estas grietas indican un probable encolado excesivo del lienzo cuya rigidez respecto a la pintura ha propiciado el agrietamiento de ésta en la forma en que aparece. Ahora bien: ¿qué hay en el observador avisado, que le permita hacer tal conjetura? Evidentemente “experiencia”. Analizando en qué consiste tal experiencia hallaremos que no sólo hay que haber visto otros muchos casos similares, sino tener un conocimiento profundo de la estructura de un cuadro y de los esfuerzos que con el paso del tiempo se originan en la capa pictórica por el “movimiento” de las partes. Así sabrá que una retracción diagonal del lienzo (caso que, por ejemplo, se dan en “las hilanderas”) tiende a producir una clase de grietas diferentes de las propiciadas por incumplir la vieja regla de “graso sobre magro” o de las ocasionadas por retracción radial de un encolado demasiado fuerte en la base, como en el ejemplo puesto.

Un estudio verdaderamente científico el aspecto visual de la pintura agrietada, obligaría a preparar colecciones de muestras en las que aisladamente se provocaran las diferentes condiciones de agrietamiento simulándose el tiempo mediante ensayos de envejecimiento acelerado. Esto permitiría establecer una

relación clara y equívoca entre el aspecto visual de las grietas, sus causas y su significado tecnológico con vistas a la eventual restauración.

Esto nos lleva donde queríamos: en cualquier ensayo no destructivo, incluso el más sencillo, habrá de realizarse un estudio previo de “puesta a punto” para su aplicación a cada problema nuevo. Este estudio tendrá por objeto establecer la correspondencia que hay entre la información que proporciona el método y la realidad física del objeto investigado, e implicará el análisis de casos parecidos y el estudio experimental sobre muestras preparadas expresamente: estudio que frecuentemente implicará su destrucción.

Esta necesidad es tanto más notable cuanto más nuevo sea el problema y cuanto más artificioso sea el ensayo.

Debe advertirse que en la práctica el buen conocimiento del fundamento del ensayo y de los resultados que proporcionan en casos parecidos, son suficientes para su buen empleo.

En cuanto a la solución del método de ensayo más adecuado, habrá de hacerse basada no solo en las posibilidades físicas del método sino en la naturaleza del problema a resolver, sin descuidar las circunstancias ocasionales que pueden llegar a ser determinantes. Por ejemplo una pintura sobre lienzo puede, en principio, investigarse radiográficamente, pero este método podría ser de aplicación inviable si la tela está pegada a un muro.

También es importante saber combinar diversos métodos para complementar las informaciones parciales que proporcionan por separado. Así en una pintura podrán combinarse el estudio radiográfico con la reflectografía infrarroja o con la fluorescencia U.V. y en una estatua de bronce, la gammagrafía con los ultrasonidos, la endoscopia y las corrientes inducidas. Así no olvidaremos que el presente curso desarrolla exclusivamente un solo método de examen y que exenta otros a los que habremos de acudir cuando sea necesario.

### **II.4.1.- Las etapas básicas en la aplicación de un ensayo no Destructivo.**

En la aplicación de cualquier ensayo no destructivo conviene tener en cuenta y en el orden las siguientes etapas:

#### **a) Obtención de la indicación propia del método.**

Salvo el caso de la inspección visual o de los ensayos de persecución, la información que proporciona el ensayo viene dada en un “lenguaje” propio, en general incomprensible para el profano. Por ejemplo, un reflectograma o una holografía consisten en imágenes tan alejadas de la experiencia diaria que han de ser “interpretadas” conforme a reglas determinadas por la naturaleza física del método y del objeto examinado. No digamos nada de ensayos como el ultrasónico donde la indicación propia del método se materializan como “imágenes radiográficas”.

#### **b) Interpretación.**

Tal como se ha indicado la “indicación propia” debe ser “interpretada”. La interpretación consiste en establecer una relación inequívoca entre la “indicación” (en nuestro caso la imagen radiográfica) y las particularidades significativas del objeto: por ejemplo, en una estatua de bronce “se aprecia la presencia de indicaciones interpretables como rechupes, originados en caliente, etc.”

#### **c) Evaluación.**

La evaluación consiste en estimar tantos valores más o menos aproximados, cuando el método y sus indicaciones permitan acercarse de las particularidades significativas del objeto puestas de manifiesto en el examen. En el peor de los casos siempre se podrá llegar a establecer: “grande”, “pequeño”, “bien evidente”, “dudoso”, etcétera. No es mucho pero a veces es suficiente y no hay para más.

En el mejor de los casos pueden darse valores de tamaño o forma y situaciones concretas. Por ejemplo, a propósito de una talla radiografiada:” se aprecia la existencia de un clavo forjado (interpretación) de unos 60mm, a tres centímetros de profundidad en el hombro izquierdo con una disposición oblicua de unos 30° respecto al eje de la estatua , etc., etc. (evaluación).

En general el experto en radiografía no debe pasar de aquí, salvo que sus conocimientos Histórico-Artístico y documentales le permitan hacerlo. Si no es así, será el experto correspondiente quien basándose en la información del examen establezca las conclusiones oportunas.

#### **II.4.2.- Método y Técnica.**

Es importante la distinción léxica entre “Método” y “Técnica de ensayo”. El método designa a un comportamiento de “técnicas” basadas en un único principio físico de examen. La Técnica, en cambio, se refiere a métodos específicos de aplicar un método que implica instrumentación y medios de trabajo, asimismo concretos. Por ejemplo: la Radiografía es un método de END basado en el empleo de radiaciones electromagnéticas de corta longitud de onda (rayos X y gamma) para obtener imágenes del interior de objetos opacos a la luz. La radiografía con rayos X es una técnica del método radiográfico. Igualmente lo es la gammagrafía que consigue iguales resultados mediante rayos gamma. Análogamente son técnicas radiográficas la tomografía (X ó gamma) la microradiografía o la xerorradiografía, por poner algunos ejemplos.

## Conclusiones.

De lo anterior se deduce que la “técnica” viene definida por un “modo” de aplicar el método a cualesquiera objetos a los que sea aplicable. Sin embargo un objeto concreto requiere también una manera concreta de aplicación de la Técnica. A esta manera concreta de aplicar una técnica de END a un objeto (o tipo de objeto) asimismo concreto, se llama Procedimiento, Por ejemplo: la radiografía de pinturas sobre lienzo se realiza siempre de forma muy parecida. Esta forma será el “Procedimiento”. En estos casos es muy convenientemente, tal como se hace en la industria, redactar un documento en el que se especifique como se ejecuta el procedimiento. Tal documento se llama Especificación. El poseer especificaciones aplicables a ciertos problemas concretos de examen radiográfico, ahorra tiempo, uniformiza el trabajo y evita “pruebas”.

Siempre que sea posible el procedimiento se acogerá a normas solventes de carácter general. Por ejemplo: EN... ISO... o INTA... declarará su propósito y ámbitos de aplicación y pasara luego a la descripción de operaciones.

## **Bibliografía:**

Titulo: historia del Arte y Restauración

Autor: UNAM / Instituto de Investigaciones Esteticas. México Año 2000.

Titulo: Conceptos del Arte moderno

Autor: Nikos Stangos

Editorial: Alianza Forma. Londres Año 1991.

Titulo: Arte Primitivo en tierra Civilizada

Autor: Salli Price

Editorial: siglo XXI

Titulo: Como se hace una tesis. Chicago Año 1993.

Titulo: Bases anatómicas del diagnostico por imágenes

Autor: Fecklestein.

Editorial: Ariel. Madrid Año 2006.

Titulo: Técnicas del trazado de rayos X Fundamentos y Aplicación a la Creación de escenas animadas.

Autor: Pérez Vázquez Manuel

Editorial: Ariel. España Año 1996.

Titulo: El hombre con rayos X en los ojos (DVD).

Autor: Corman Royer.

Editorial: Sorteryza. Madrid Año 1996.

Titulo: Técnicas para proyecciones radiológicas.

Autor: R-mosco. España Año 2001.

Titulo: Atlas de Mediciones Radiológicas.

Autor: Keats Theodore. Londres Año 2006.

Titulo: Técnicas de los materiales.

Editorial: Siglo XXI. México Año 2000.

Titulo: Óptica Geométrica el trazado grafico de los rayos X.

Autor: Jaume Escofet

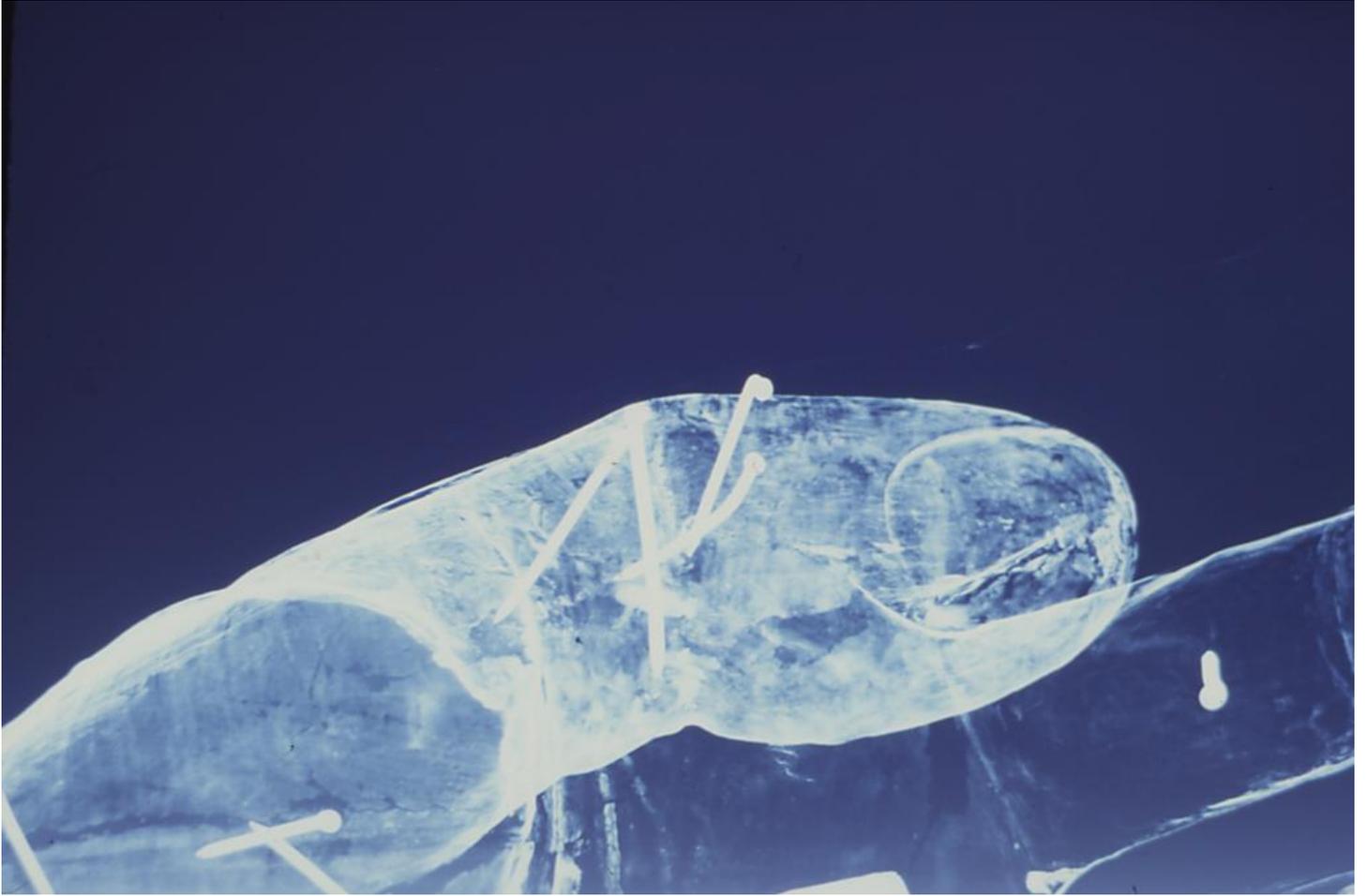
Editorial: Ariel. Francia Año 2008.



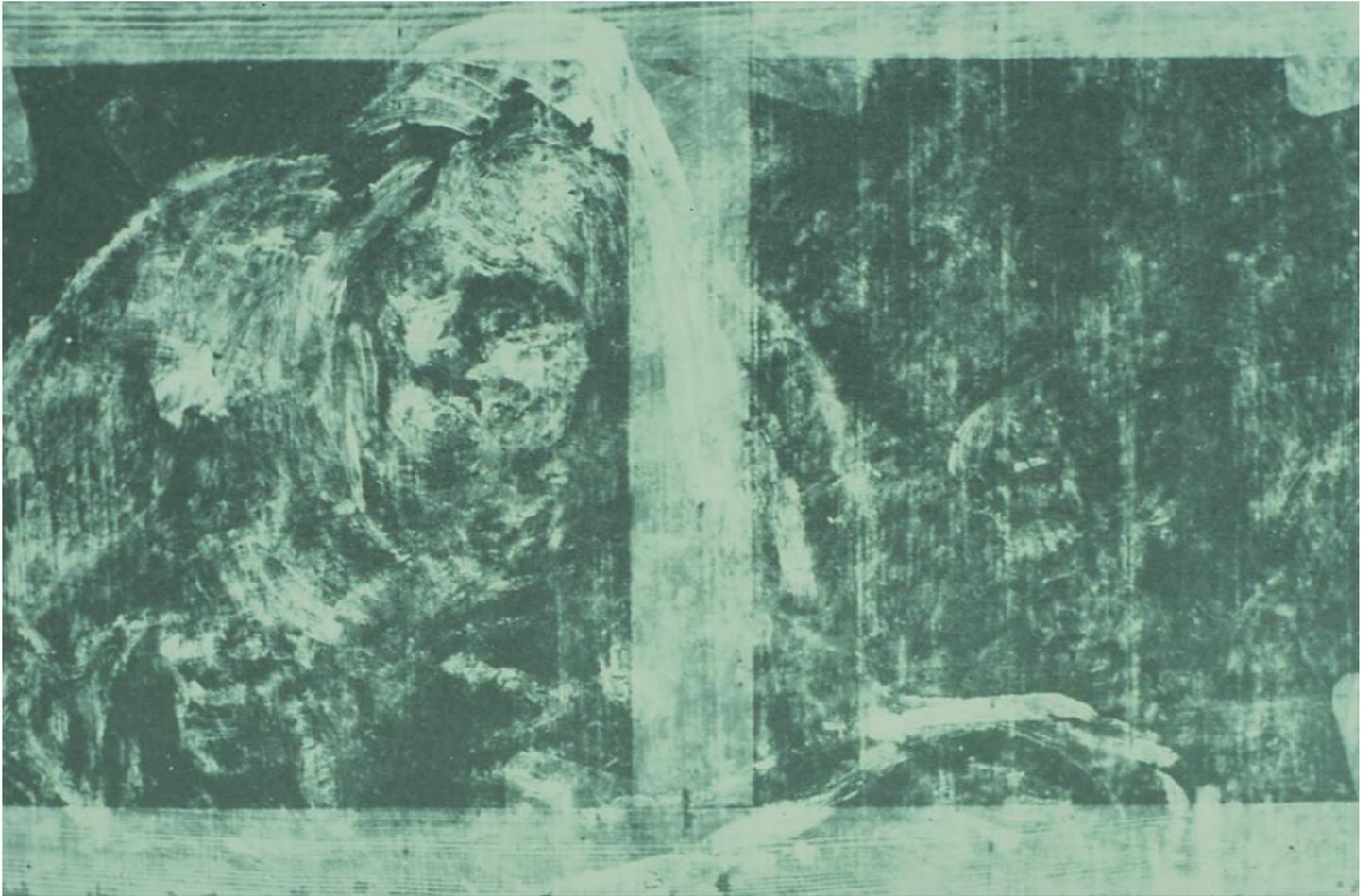
Ángel de Madera Falsificación Reciente.



Cristo Bendiciones Det. Busto Fdo. Gallego.



Cristo Crucif. Det. Pulgar Mano Derecha.



Dos Viejos Comiendo Radiografía. Fco. De Goya.



Inmaculada Cabeza y Manos.



Autorretrato Rembrandt. XVII. Det. Parte Superior



Angeles de Madera S. XVI.

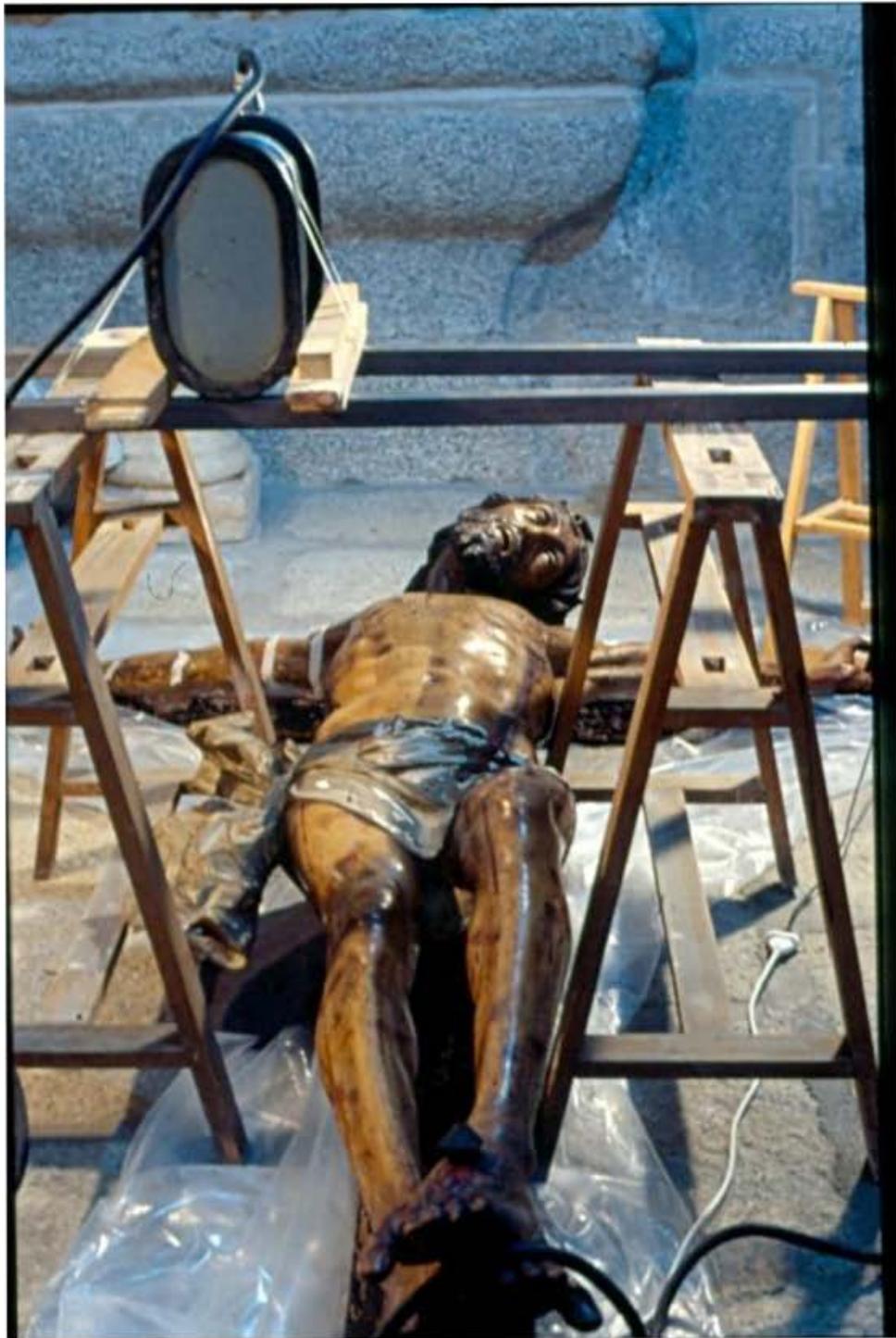


Reflectología de Fragmento de El Guernica

de Picasso



Proceso Radiográfico de el Cristo de Torrelaguna, España.



Proceso de Radiografía de el Cristo de Torrelaguna, España.