

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**  
**ESCUELA DE ARTES**



Transferencia Técnica y Material en la  
Construcción Escultórica con Hierro Industrial.

Reporte de investigación presentado por  
Ángel Iván Yash Núñez  
Luis Alfredo Alfaro Alfaro  
Oscar Alfredo Sosa Castillo  
para optar por el título de Licenciado en Artes

Docente Director:  
Lic. Roberto Guzmán Aguilar

Ciudad Universitaria, junio de 2003

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

### **RECTORA**

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

### **VICE-RECTOR ACADÉMICO**

ING. FRANCISCO MARROQUÍN

### **SECRETARIA GENERAL**

LICDA. MARGARITA MUÑOZ

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

### **DECANO**

LIC. PABLO DE JESÚS CASTRO

### **VICE-DECANO**

LIC. CESAR EMILIO QUINTEROS

### **SECRETARIA**

LICDA. MARINA DE JESÚS LÓPEZ

### **COORDINADOR DE LA ESCUELA DE ARTES**

LIC. RAFAEL ANTONIO CARBALLO

# Introducción

El presente trabajo es el fruto del esfuerzo de un grupo de compañeros interesados en la experimentación con hierro industrial como materia en la construcción escultórica.

Parte de la inquietud de poner a disposición de quienes se interesen en esta modalidad, en una referencia para explorar las posibilidades de este material.

La primera parte consta de una presentación. En ésta se expone que el trabajo tiene un enfoque de tipo cualitativo. Se comparan dos productos de diferente naturaleza, en este caso estructuras metálicas industriales y proyectos escultóricos, y se establece una analogía para determinar sus nexos.

En ese sentido se han desarrollado conceptos que describen este proceso, que se considera como una transferencia teórica y práctica de un producto industrial al campo de la producción artística.

Se ha desarrollado en la segunda parte un marco teórico que recoge algunos antecedentes históricos, la producción de hierro industrial y referencias al género escultórico.

Por último se utiliza un método para establecer el nivel de transferencia técnica que existe en los elementos que son análogos a las soluciones de los componentes plásticos en una escultura. En este capítulo se obtienen las conclusiones relativas a este tema.

Esperamos que este trabajo contribuya al desarrollo de futuras investigaciones sobre el hierro y materiales afines.

## 1. Presentación

## 1.1. Enfoque

Las estructuras metálicas están integradas por una serie de elementos vinculados con la solución de los componentes plásticos en el género escultórico, dado que comparten ciertas facetas, cualidades y relaciones. El análisis de este fenómeno nos induce a contemplar la existencia de una analogía, la cual es útil como medio de explicación.

Con la aplicación del método de razonamiento analógico, se establecen los fundamentos de un tipo de transferencia técnica y material de los elementos que integran las estructuras metálicas al campo de la actividad artística.

Este proceso conduce en un primer momento a definir conceptualmente estos elementos, contenidos en las estructuras metálicas industriales, y luego permite proponer una analogía, la cual es un tipo de razonamiento que permite establecer las semejanzas entre dos objetos no idénticos. Aquella fue uno de los primeros métodos de conocimiento: *“La analogía es de gran valor para la investigación. En las etapas iniciales del desarrollo de la sociedad, la analogía sustituye a la observación sistemática y al experimento, sus conclusiones se fundamentan en el parecido de sus caracteres externos Y secundarios. Así surgen la mayor parte de las concepciones de la filosofía de la naturaleza en la Antigüedad. Más adelante, la analogía pierde su significado como medio de explicación, pero conserva el papel de brújula que señala los problemas. Así, Huygens, después de descubrir la analogía entre el comportamiento de la luz y del sonido llegó a la idea de la naturaleza ondulatoria de la luz. Maxwell hizo extensiva esta conclusión a la naturaleza del campo*

*electromagnético*".<sup>1</sup>

Su utilidad se sugiere posteriormente en la formulación de una propuesta, que culmina con la ejecución de un conjunto de piezas escultóricas en hierro industrial. Las estructuras metálicas industriales se han considerado como referencia para la construcción escultórica, porque se intuye que tienen características adecuadas para el desarrollo de proyectos escultóricos, como resultado del análisis de las características de la materia prima, de las condiciones superficiales y volumétricas, y de las técnicas de ejecución.

Estas características se han denominado elementos análogos, los cuales indican las estrechas similitudes entre un producto artístico y un objeto industrial. Para el análisis se han determinado los siguientes:

La disposición de componentes modulares, describe si las piezas básicas o módulos inciden individualmente o como estructura, si estas generan texturas o si inciden en la generación de formas básicas.

La condición superficial indica la incidencia de la condición cromática y la textura en un proyecto escultórico.

La Condición volumétrica es el modo que los indicadores de volumen, las formas básicas y la composición las estructuras metálicas

Las condiciones de las juntas apuntan a la generación de texturas, de soluciones cromáticas y también de indicadores de volumen.

Los materiales creados como materia prima de las estructuras metálicas, tienen un diseño adecuado a las necesidades de la industria. Sus características agilizan la

---

<sup>1</sup>ROSENTAL, M.M., *Diccionario de Filosofía*, Editorial Progreso, URSS, 1965, Pág.12

producción y provocan una estandarización de las estructuras resultantes.

Como materia prima, el hierro industrial, es un factor esencial en el campo de la arquitectura contemporánea. Su principal característica es que ha sido desarrollado para simplificar los procesos constructivos. El uso de piezas estándar, posibilita diseñar y construir rápidamente; la versatilidad del material permite crear estructuras con un grado de originalidad. Estos principios son igualmente aplicables a la exploración de materiales en el campo del arte.

La Tecnología más importante de la industria de estructuras metálicas es la Soldadura por Arco Eléctrico, la cual consiste en la aplicación de un circuito eléctrico entre un electrodo y una pieza de metal ferroso. Este produce un arco que derrite el metal y une dos piezas.

Con esta tecnología se ha logrado la eficiencia técnica que demanda el desarrollo de la industria de estructuras metálicas, por lo tanto en los proyectos de escultura en hierro.

Sin embargo, en el proceso productivo se generan algunos elementos vinculados con lo artesanal, entendido esto como aquellos procesos de manufactura que son rudimentarios en comparación con el empleo de tecnologías sofisticadas en la producción industrial.

Estos procesos artesanales son adecuados para la experimentación artística con diversos materiales. Pero también pueden producir la percepción errónea de que el arte es un tipo de artesanía y el producto obtenido una estructura industrial especializada.

La elaboración de las estructuras metálicas industriales está subordinada a una función esencialmente utilitaria. El diseño de cada parte tiene un propósito funcional

preconcebido.

En la escultura estas condiciones difieren. Transferidas a una pieza escultórica, se interpretan como elementos de expresión y construcción, y posibilitan la solución de los componentes plásticos en la obra.

Una analogía muy simple disminuye las diferencias, colocando el proceso de transferencia como producto de la esfera de la artesanía más que del arte propiamente dicho. Un tipo de artesanía industrial.

La artesanía tiene como principales características la distinción que se hace en ellas de los medios y el fin, cada uno delimitado; también existe una distinción entre planeación y ejecución, el resultado es preconcebido; Así las características estándar de los materiales implicados pueden conducir a generar un tipo de artesanía, más que una propuesta artística.

Esta proposición ha conducido a la búsqueda de una referencia que permita esclarecer una condición para salvar este obstáculo teórico. Una noción de este tipo indica que la obra artística es un sistema admite el uso de recursos pero a condición del rigor en el estilo que le da coherencia interna a la obra: *“Una obra de arte como estructura constituye sistema de relaciones entre múltiples elementos (los elementos materiales constituidos de la estructura objeto, el sistema de referencias exigido por la obra, el sistema de reacciones psicológicas que la obra suscita y coordina) que sé constituye diversos niveles (nivel de ritmo visual o sonoro, nivel de la intriga, nivel de los contenidos ideológicos coordinados)*

*El carácter de unidad de esta estructura, lo que constituye su cualidad estética, es el hecho de que, en cada uno de sus niveles, aparece organizada según un procedimiento siempre reconocible, aquel “modo de formar” que constituye el estilo y*

*en el que se manifiesta la personalidad del autor, las características del periodo histórico, del contexto cultural, de la escuela a la que pertenece la obra.*

*Por tanto, una vez considerada como obra orgánica, la estructura permite que se identifiquen en ella elementos de aquel modo de formar que nosotros llamaremos estilemas. Merced al carácter unitario de la estructura, cada estilema presenta características que lo relacionan con los demás y con la estructura originaria: Por lo que de un estilema se puede deducir la estructura completa de la obra o restituir a la obra mutilada la parte que le falta”.<sup>2</sup>*

## **1.2. Justificación**

Hasta hoy no se conoce un estudio sobre este tema que se haya socializado. Tampoco se han establecido parámetros o analogías que indiquen que los aspectos cualitativos de una producción de tipo industrial sirvan como referente teórico y práctico para el desarrollo de propuestas artísticas de manera sistemática.

Existe una variedad alternativa de recursos materiales y técnicos que son utilizados como medio de expresión artística. Hay obras construidas con tablillas de barro, piezas de madera y metal, madera con vidrio, etc.

En contraste, la generalidad de la producción artística se encauza hacia modalidades del arte donde se utilizan materiales y técnicas tradicionales, por ejemplo: pintura al óleo, escultura por vaciado, talla en madera o cerámica.

La creación de esculturas en hierro industrial se haya en este contexto. Esta se apoya en el desarrollo de los materiales utilizados en las estructuras metálicas y el surgimiento de la soldadura por arco eléctrico que permite la conjunción de piezas

---

<sup>2</sup> ECO, UMBERTO, *Apocalípticos e Integrados*, Editorial Lumen, España, 1968, Pág. 102

metálicas de manera más eficiente.

En este sentido, resulta de mucho interés para la cultura nacional y en particular para la comunidad artística, un estudio que presente los aspectos más relevantes de las cualidades del hierro industrial y las posibilidades de aplicación en el proceso de construcción escultórica.

La escultura en hierro con la técnica de la soldadura por arco eléctrico, se ha explorado someramente en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador, con perspectivas de desarrollo. La intención de examinar otras alternativas escultóricas fortalece la búsqueda de nuevas propuestas de expresión artística y propone un apoyo teórico al exponer los conceptos básicos de la escultura en hierro industrial.

Este estudio es concerniente a la búsqueda de una definición conceptual para los principales componentes en las estructuras metálicas industriales, denominados en este trabajo como *elementos análogos*; y a las correlaciones existentes entre aquellos y las diferentes soluciones para generar los componentes plásticos fundamentales en la escultura.

### **1.3. Alcances y Limitaciones**

Las tendencias del arte contemporáneo se expresan de manera alterna a las modalidades tradicionales. La experimentación con materiales alternativos ha sido el eje creativo de muchos artistas desde hace décadas.

Desde el aparecimiento de las Vanguardias, en el contexto de la industrialización, el desarrollo de nuevos materiales industriales ha repercutido sugestivamente en la producción artística.

Entre estos materiales, encontramos al hierro industrial el cual ha sido útil en

propuestas artísticas desde hace al menos 30 años. Lo que se conoce hasta ahora son nociones de cómo este material ha servido de materia prima en obras artísticas en el extranjero.

En el país, las propuestas que se conocen, generalmente son al nivel de lo que se podría considerar como dibujos o bocetos en metal. A estas propuestas generalmente se les asocia con lo que despectivamente se denomina Arte en Chatarra.

Excepcionalmente se conoce la obra del escultor Rubén Martínez, en la iglesia del Rosario que representa el “Vía Crucis”, una serie de estructuras de hierro industrial, incrustadas en concreto de las etapas de la cruxifixión. Algunos elementos figurativos sugieren un desarrollo escultórico en hierro industrial como recurso plástico.

Un estudio de esta naturaleza tiene puede servir como asidero teórico en la formulación de una metodología para la aplicación de técnicas de producción y expresión, y la generación de propuestas escultóricas.

Por medio de la observación de los diferentes procesos productivos en la industria de estructuras metálicas y el análisis de sus resultados, se expone la transferencia de elementos aislados, como elementos de expresión, a una estructura escultórica.

Proporciona la pauta para explorar las cualidades del hierro industrial u otro material, considerando los aspectos metodológicos que se propondrán en este estudio.

El recurso teórico que se utiliza, consiste en el razonamiento por analogía, el cual carece de fuerza probatoria, pues la deducción inferida por este, sólo posee un

carácter de probabilidad.

Así que debe utilizarse con otras formas de cognición, en el caso de que se plantee un análisis de tipo científico.

Pero esta forma de conocimiento se adecua a este trabajo, ya que sólo se considera un estudio de tipo cualitativo, el cual hace énfasis en las similitudes entre dos objetos no idénticos, de naturaleza diferente.

En el análisis, las relaciones de semejanzas se han valorado para definir los elementos análogos propuestos a partir de las cualidades, facetas y relaciones más destacadas de las estructuras metálicas, las cuales se identifican con las soluciones técnicas que se aplican a la escultura en hierro, manifestada en los componentes plásticos fundamentales y secundarios.

Se han seleccionado como fundamentales para la demostración de la transferencia técnica que se plantea en este trabajo, los siguientes componentes: El color, o solución cromática consiste en el indicador de las diversas maneras de resolver los aspectos relativos a lo cromático en una obra, La textura, indica si una pieza contiene condiciones superficiales que se puedan percibir en forma táctil en forma de textura o si por medio de la percepción visual hay indicadores de una textura óptica o virtual; El volumen es el indicador de lo tridimensional de los materiales, los cuales generan condiciones volumétricas en la estructura; La Composición y sus elementos secundarios como son, el ritmo, la proporción y la simetría.

El interés primordial es exponer como en una obra en metal industrial se resuelven específicamente estos componentes. Pero el universo de los metales industriales es inmenso; por lo tanto este trabajo se limita al análisis del hierro industrial como una clase específica de metal industrial.

Este material consiste en piezas de hierro procesadas en fundiciones que se utilizan como materia prima a manera de componentes modulares en la industria de estructuras metálicas. Las variedades que se han considerado en este trabajo son: la varilla, la platina, la lámina, el alambrón, el ángulo y el tubo en sus diferentes medidas y modalidades.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Generales**

1.4.1.1. Exponer la factibilidad de una transferencia técnica y material de los productos industriales y sus facetas al campo de la producción artística.

1.4.1.2. Proponer un soporte teórico para la formulación metodológica de técnicas de producción y expresión en la escultura en hierro.

### **1.4.2. Específicos**

1.4.2.1. Definir conceptualmente los elementos primarios que componen las estructuras metálicas industriales

1.4.2.2. Proponer una analogía entre los elementos primarios que componen las estructuras metálicas industriales y los componentes plásticos básicos

1.4.2.3. Aplicar en la práctica los resultados del análisis de los componentes análogos de las estructuras metálicas en un conjunto de piezas.

## **1.5. Contexto General**

Las estructuras desarrolladas con este tipo de material se han observado en un conjunto de talleres de estructuras metálicas y en lugares donde están instaladas, en el área metropolitana. También se han observado obras artísticas que tengan estas características, en particular las que se encuentran en la Iglesia del Rosario en el centro de San Salvador.

El período que se consideró para la recopilación de datos técnicos y la posterior aplicación experimental fue del mes de enero al mes de marzo de 2003. Como recurso de registro se obtuvo un conjunto de fotografías para ilustrar este estudio.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Generalidades**

El modo de producción y los fines utilitarios explican las divergencias principales con la producción artística. Aunque en la producción artística hay elementos del diseño implicados, no indica que ello sea una condición obligada. El diseño permite formular ideas preconcebidas para resolver anticipadamente problemas económicos, tecnológicos y funcionales. La producción industrial contempla la elaboración seriada de productos estandarizados, aunque en ella intervengan elementos artesanales en su elaboración.

El propósito es la producción que cumplan con la satisfacción de la demanda utilitaria. Así, los productos industriales se convierten en medio para resolver un fin. En la producción artística, el diseño es un eslabón del desarrollo de una obra, y no una condicionante; no hay una distinción entre diseño y ejecución, tampoco entre medio y fin. Una obra puede considerarse siempre inacabada. Los componentes plásticos surgidos del análisis formal de los productos de la industria no están ligados mecánicamente a los procesos de aquella.

Como ejemplos, el hierro tiene un color natural que puede ser utilizado como recurso plástico o puede ser sometido a diversos procesos para obtener otras posibilidades cromáticas o nuevas texturas; la maleabilidad de este material que permite originar diferentes vectores para mayor resistencia, en una obra escultórica cumple la función de generadora de volúmenes.

Los componentes plásticos son los elementos formales principales que se han

considerado en la definición técnica de una obra artística. Estos se plantean de una manera particular en la escultura con hierro industrial, en contraste con las formas tradicionales de la escultura.

El hierro industrial es una materia prima que ofrece una gama de posibilidades constructivas. La propuesta de utilizarlo como recurso en la escultura se enmarca en la búsqueda de alternativas de producción artística.

La industria metalúrgica actual produce hierro industrial como materia genérica para diversas industrias derivadas. Estas producen piezas que a su vez servirán como componentes específicos de artefactos complejos.

También se producen piezas con objetivos flexibles, de usos versátiles como son las tuercas y los pernos. Además se producen piezas con fines más amplios como los utilizados en la industria de la construcción y en la mecánica de obra de banco o industria de estructuras metálicas.

En la escultura en hierro se aprovecha la forma básica de las piezas que la industria produce, reinterpretando el papel utilitario para el cual fueron creadas. Estas poseen proporciones, volumen, textura, y color propio, que intervienen en la resolución de una obra escultórica.

Lo mismo sucede con las técnicas de aplicación, como la soldadura y el amarre. Las diversas técnicas de conjunción, sirven además como elementos plásticos autónomos.

La soldadura es un recurso importante en la ejecución de piezas escultóricas como técnica de aplicación, y como generador de texturas.

Entre las características más significativas del hierro industrial como materia prima podemos mencionar la maleabilidad, la dureza, las formas básicas, sus

estructuras, la accesibilidad, la versatilidad y bajos costos.

Con relación a la soldadura, tomamos en cuenta la rapidez de ejecución, las diversas posibilidades expresivas que se pueden lograr y la accesibilidad a este recurso. Estas características permiten explorar al hierro como recurso en la creación escultórica.

Se ha definido la diferencia entre dos tipos de hierro. El primer tipo son aquellas piezas, concebidas para un fin y luego son recicladas, cuando se utilizan como componentes de una obra. El segundo tipo son las piezas de metal cuya finalidad es servir de material constructivo en obras de banco y la construcción.

En el primero de los casos hay que considerar que el diseño de esas piezas contiene un valor estético muy sutil, predominando la función utilitaria. Incide en las intenciones que se plasman en la obra, por lo que la forma original se mantiene, por lo menos parcialmente. Hay intencionalidad en el uso de algunas piezas para que se produzca un hecho comunicativo.

En el segundo caso, entre los que se encuentra el hierro industrial, los materiales fueron diseñados para servir de materia prima, tanto en la industria de la construcción, como en la obra de banco. Debe destacarse que en este entorno surge una función artesanal, cuando estas piezas son producidas en los talleres de estructuras metálicas. Allí se producen bisagras, seguros, y otros elementos que normalmente se obtienen por medios industriales.

Aunque los productos son estandarizados y se aplica tecnología, las características que definen mejor lo artesanal en esta industria son, que existe el factor del criterio personalizado en el diseño y ejecución, lo rudimentario en la solución de algunos componentes y los elementos estéticos subyacentes en las estructuras

metálicas.

El proceso de sustitución de procedimientos industriales por artesanales es un factor que suscita posibilidades de producción de objetos más singulares y creativos, y surge la inquietud para experimentar con esa alternativa plástica.

## **2.2. Antecedentes**

### **2.2.1. El Hierro Industrial**

En la industria metalúrgica se utilizan diversos metales, tales como el bronce, el zinc y el hierro. La gran mayoría de los metales utilizados, en cualquiera de sus muchas variedades, son de origen ferroso.

Un metal ferroso es aquél que contiene una cantidad dominante de hierro, como por ejemplo el acero al carbono, los aceros de baja aleación y el hierro colado. Los metales no ferrosos son aquellos que no contienen hierro o tienen un bajo contenido de este.

A los materiales producidos con estos metales ferrosos comúnmente se les denomina hierro industrial, y son elaborados en forma de aleaciones. El elemento químico adicional más importante en estas aleaciones es el carbono, con el cual se produce el material que conocemos como Acero. Estos tienen algunos porcentajes de manganeso, cobre, cromo, níquel y fracciones de molibdeno y zirconio. Son procesados en altos hornos y transformados en una serie de etapas: *“El proceso industrial del acero requiere procesos térmicos para templarlo, es decir, darle una consistencia adecuada para que pueda ser transformado.*

*Las transformaciones más usuales son: estiramiento, forjado, laminado,*

*prensado, hilado, arrollado o combinaciones de estos procesos. Según sea el tipo de acero, este puede cortarse o amolarse con herramientas apropiadas, o adaptarse al trabajo con máquinas herramientas para su posterior uso en otra cadena de transformación.*

*El proceso industrial más utilizado para producir piezas de metal es la técnica antiquísima de vaciado en moldes de arena y de metal. Existe otro proceso llamado cera perdida, el cual fue usado en la antigüedad para elaborar delicados objetos de arte, que se usa actualmente en la producción de vaciados de precisión.*

*Existen otros procedimientos como la fundición de metales pulverizados utilizado a baja escala y el laminado, en el cual se somete el metal a grandes presiones mecánicas para obtener láminas delgadas.”<sup>3</sup>*

*Desde tiempos prehistóricos se producen diferentes piezas metálicas, pero la producción en serie de estas es relativamente nueva. El desarrollo de la industria incrementa la producción desde el siglo XVIII: “Ésta se origina durante el período llamado la Revolución Industrial, iniciada en Inglaterra en 1779, cuando se desarrollaron máquinas aplicadas a las ramas textiles, metalúrgicas y químicas. Se define totalmente en la Segunda Revolución Industrial de finales del S. XIX, como consecuencia de más de un siglo de cambios industriales. A este período se le llama la Edad de los Metales por el uso masivo del hierro y el acero en la industria y la modernización de la máquina a través de nuevas invenciones y transformaciones*

---

<sup>3</sup> INGENIERÍA MECÁNICA, ENCICLOPEDIA JACKSON. W. M. Jackson, Inc. Editores. México 1959, Tomo IX, Pág. 25

tecnológicas”<sup>4</sup>

### **2.2.2. Identificación de metales**

Los metales ferrosos se pueden identificar de diferentes maneras: por el aspecto de su superficie, por el sonido, cuando se somete a una prueba de chispas, por su fractura y por limaduras.

Por lo general las piezas de hierro colado son producidas vertiendo metal fundido en un molde hecho en arena especial utilizando modelos hechos de madera o metal.

Las piezas resultantes tienen una apariencia granular debido a la impresión de los granos de la arena.

Cuando las piezas están listas, se observa una rebaba a lo largo del costado dónde las dos piezas del molde se juntan, esta se puede esmerilar, pero siempre se percibe un remanente.

A lo largo de la rebaba se notan a menudo superficies rugosas, los orificios de colada, las cuales son las aberturas del molde de arena por las que fluye el metal hacia las cavidades del molde durante el vaciado.

Las piezas forjadas son producidas con barras de metal, calentadas hasta la temperatura de forja, colocadas en una especie de yunque y presionadas con martinete pesado o sometidas a por medio de una prensa.

Las piezas forjadas con martinete pueden mostrar una superficie áspera y

---

<sup>4</sup>EDUCAR, *Historia Universal, La huella del Hombre*, Educar Cultural Recreativa. Colombia, 1994, Tomo 1, Pág. 56-95

escamosa. Los números o elementos de identificación de las piezas forjadas son formados con mayor nitidez en comparación con las piezas coladas. Las piezas forjadas se fabrican generalmente de acero de mediano contenido de carbono o de aceros con aleación baja.

Se pueden identificar los metales golpeándolos con un martillo para determinar la clase de sonido que emite. Es difícil describir un sonido, por lo tanto es necesario comparar los diferentes sonidos metálicos y establecer una norma adecuada. Por ejemplo, cuando se golpea acero forjado o laminado, se produce un tono más alto que el producido por los metales colados.

Las piezas de fundición gris producen un sonido apagado, las de fundición maleable producen un sonido más agudo y claro; las de fundición blanca producen un sonido aún más agudo que las de fundición maleable.

La mayoría de los metales ferrosos pueden clasificarse en forma aproximada, observando las chispas que desprenden al ser golpeados o esmerilados. Para clasificar los metales desconocidos, se comparan las chispas que emiten con las de un metal ya conocido y establecidas como norma.

Se pueden observar las chispas con más facilidad en la luz difusa; no es adecuado el ensayo con luz solar o en la oscuridad. Las chipas se observan mejor si se producen frente a un fondo oscuro.

Los distintos elementos que componen el acero afectan las características de la chispa. La presencia de carbono produce chorro de chispas y cuanto más alto sea su contenido, más abundante serán éstas, a menos que el metal contenga aleaciones de silicio, cromo, níquel y tungsteno, las que tienden a atenuar las chispas del carbono.

El incremento de manganeso tiende a que las chispas se peguen cada vez más

a la superficie de la rueda; El cromo produce chispas color naranja y dificulta que se produzca un chorro de chispas; Cuando el metal contiene níquel produce chispas con horquillas en el extremo de las mismas.

El tratamiento térmico también altera la forma de las chispas. Algunos metales pueden tener una superficie con alto o bajo contenido de carbono, mientras que las capas subyacentes tienen una composición química diferente.

El examen de la fractura de una pieza de metal es útil para su identificación. Revela la naturaleza de la fractura, clase de grano y color.

La superficie de la fractura de una pieza de fundición gris es de color gris oscuro y al frotarla mancha con grafito, la fundición blanca tiene una apariencia plateada y brillante; el hierro colado maleable presenta en el centro de la fractura un color más oscuro que la superficie debido al tratamiento superficial a que ha sido sometido.

Las piezas de fundición maleable son dúctiles y se doblan antes de romperse, las de fundiciones gris y blanca son frágiles y su fractura se presenta definida y limpia. La superficie fracturada del acero tiene aspecto granular, bastante definido, la del acero con bajo contenido de carbono es gris brillante, y la del acero con alto contenido de carbono es más oscura, pero brillante.

A veces es imposible observar una fractura limpia en los metales porque se ha oxidado o el metal se halla aún de una sola pieza. Con una lima se elimina la superficie oxidada o sucia y se observa la fractura.

La dureza relativa del metal se determina observando la resistencia que opone al ser cortado y comparando su viruta con la del acero dulce.

Un metal blando se corta fácilmente produciendo una viruta larga mientras que un metal tenaz produce una viruta larga también, pero presenta mayor resistencia al corte.

Un metal frágil produce una serie de virutas cortas, en forma de astillas, mientras que un metal endurecido resistirá el corte por cortafrío o lima.

El acero dulce produce una viruta larga. El aumento de carbono en su contenido incrementa su tenacidad y dureza.

Las fundiciones gris y blanca se desprenden en una serie de pequeñas saltaduras. La fundición maleable produce virutas largas debido a que la superficie ha sido recocida.

Entre los métodos de obtención de metales ferrosos encontramos la fundición gris, la fundición blanca, el hierro maleable, los hierros colados especiales, el hierro forjado y el acero. La fundición gris, por su bajo precio, facilidad de maquinado y alta resistencia a la compresión le han hecho uno de los metales más empleados en la construcción de maquinaria, pese a su baja resistencia a la tensión.

El hierro fundido se produce con una mezcla de hierro, carbono, silicio, manganeso, azufre y fósforo. Las plantas de fundición varían la proporción de estos elementos para obtener piezas de hierro colado que satisfagan las especificaciones de un determinado producto. El hierro colado tiene un contenido de carbono y silicio más elevado que el acero.

El hierro colado se prepara fundiendo Arrabio, acero de desecho y hierro con otros elementos de aleación, y mezclando coque y piedra caliza como fundente. El hierro fundido se cuela en moldes de arena para obtener piezas como son las cubre placas, engranajes, plataformas, ménsulas y bastidores para maquinaria, los cuales

son algunos de los muchos usos del hierro colado.

Durante el enfriamiento el carbono se separa del hierro en forma de pequeñas escamas de grafito; este le da a la fundición su color grisáceo. El grafito es lubricante y puede barrenarse la fundición gris en seco sin la ayuda de aceite soluble.

La fundición gris tiene muy poca ductilidad y no se estira. El calor de la soldadura causa esfuerzos de contracción y de dilatación que pueden producir agrietamiento y quebraduras. La fundición blanca es conocida también por fundición acerada o templada superficialmente o colada en coquilla debido al método usado en su fabricación. Se produce del mismo modo que la fundición gris, pero el metal en fusión es enfriado rápidamente en su molde.

En algunos casos puede variar el contenido de hierro o carbono para obtener la fundición blanca. El enfriamiento rápido, o el contenido apropiado de carbono y hierro hace que el carbono permanezca en combinación con el hierro en vez de separarse como grafito.

Así, el metal resulta más duro y más frágil. Debido a ello, se usa poco en la construcción de maquinaria, excepto en piezas que requieren una superficie resistente a la abrasión.

A veces se funden piezas de fundición gris con la superficie de fundición blanca, la que se obtiene enfriando la superficie de una pieza de fundición más gruesa, para que la superficie resulte más resistente a la abrasión.

El hierro colado maleable ha tenido muchas aplicaciones en la producción de maquinaria durante los últimos 100 años. Es mucho más resistente al impacto que la fundición gris y resiste la dobladura sin romperse.

Las piezas de hierro maleable se obtienen sometiendo a las piezas duras y

frágiles de fundición gris a un tratamiento ulterior. Estas piezas de fundición gris se colocan en cajas de recocer y recubren con escoria, escama de laminación o arena, y se llevan al horno de recocer. Luego se dejan enfriar lentamente hasta la temperatura ambiente, y se limpian las piezas con chorro de arena o en barriles de frotación.

Se han ensayado muchos tipos de hierros colados para remediar la falta de resistencia a la tracción y al impacto. Cada vez se utiliza con más frecuencia la fundición gris de aleación. Este metal contiene los elementos básicos de la fundición gris con el agregado de níquel, cromo, molibdeno y vanadio, metales más corrientemente usados en la aleación. Estas aleaciones elevan el precio de la fundición en una proporción de dos a cinco veces el de la fundición gris.

La adición de aleaciones especiales y otras mezclas, puede producir cambios en la forma que asume el carbono en la pieza colada. En vez de hallarse en la forma de escamas, como en la fundición gris, el carbono se halla en forma de pequeñas esferas mezcladas con el hierro. A este se le llama “hierro dúctil” o “hierro colado nodular” y las piezas coladas resultantes, llega a ser casi tan resistente a la tracción como los aceros de aleación y poseen una resistencia al impacto aún más elevada. El término “semi-acero” se usa también para diferenciar a esta fundición.

El hierro forjado es la forma más antigua de metal ferroso estructural y se elabora con arrabio, óxido de hierro y sílice. Los procedimientos modernos de fabricación, mezclan estos elementos. Luego de que el arrabio ha sido fundido y purificado se le lleva a la máquina elaboradora donde se vierte en un caldero que contiene una cantidad determinada de escoria de silicatos.

Se produce una reacción entre la escoria y el metal en fusión resultando una masa esponjosa. Esta masa se trabaja en una prensa potente que elimina la escoria

sobrante y une las partículas de hierro plástico revestido de escoria, formando una barra sólida o tocho. Este tocho se lamina luego para formar planchas, láminas o barras según el uso que quiera darse al metal. Cuando se dobla el hierro forjado hasta romper su superficie, se notan muchas fibras dirigidas en el sentido longitudinal del material.

Las ventajas principales del hierro forjado son la resistencia a la corrosión y su capacidad para resistir a la rotura cuando se le expone a un choque excesivo y repentino. La resistencia a la corrosión se atribuye al hierro puro que se usa como metal base y a la presencia de partículas fibrosas semejante al vidrio, incluidas en el metal.

El acero al carbono es una mezcla de carbono y hierro con pequeñas cantidades de manganeso, azufre y fósforo. Más del 99% del contenido del acero al carbono puede ser hierro.

El contenido de carbono varía de 0,05% a 1,5%. La cantidad de carbono, aunque relativamente pequeña, juega un papel muy importante en la determinación de las propiedades del metal.

El acero se diferencia de la fundición gris en que el carbono del acero se halla combinado químicamente con el hierro y no existe al estado libre. Se le agregan a veces otros elementos de aleación dependiendo del uso que se dará al acero: estos son el níquel, el cromo y el molibdeno. Estas aleaciones aumentan su resistencia a la tracción y al impacto.

Los aceros se denominan generalmente “aceros de bajo contenido de aleación” o “acero de alta resistencia a la tracción” y se utilizan dónde se requiera una resistencia

mayor. El arrabio producido por el alto horno es uno de los ingredientes para la fabricación del acero. Se utilizan también grandes cantidades de chatarra.

### **2.2.3. La soldadura por arco**

La soldadura por arco es una técnica método de juntura para formar una sola pieza sólida, uniendo dos o más piezas de metal. El procedimiento consiste en la concentración del calor producido por un arco eléctrico, en los bordes de las piezas que se juntarán. Mientras, se obtiene metal adicional, producto de una varilla denominada electrodo, la masa fundida se enfría y solidifica formando una sola pieza.

La fuente de energía básica es un transformador eléctrico de corriente alterna o corriente continua. Uno de los polos se coloca sobre la pieza metálica que se soldará o sobre una base conductora de electricidad, el otro polo está adaptado en forma de porta electrodos.

Al hacer contacto el electrodo con la pieza de metal se genera una chispa que da origen al arco eléctrico, proporcionando suficiente calor como para derretir el electrodo.

A menudo es necesario identificar primero el metal de una pieza antes de determinar el método de soldadura. Las características de los metales y su identificación, su composición química y estructura física y los efectos causados por el calor afectan los procedimientos de soldadura.

El conocimiento de los principios básicos de la metalurgia ayuda a solucionar los problemas que puedan presentarse en esa actividad. Las consideraciones más importantes en la soldadura por arco son relacionadas con el tipo de metal y el tipo de

aplicación: *“Durante el proceso de soldadura, cuando el metal está licuado dentro del cráter, pueden producirse cambios en el metal como son la expulsión o absorción de gases y la formación de óxidos. Igualmente, cuando el metal se enfría y se solidifica se forma una estructura granular en el metal que influye mucho su dureza, tenacidad, resistencia a la tracción y a los impactos.*

*La rapidez de enfriamiento influye el tamaño de grano así como la composición del metal. Es importante conocer estos cambios que ocurren en la parte del metal que se calienta y enfría durante el ciclo de soldar, pues ayuda mucho cuando se desea efectuar trabajos nuevos en soldadura o para comprender las precauciones que deben tomarse cuando se sueldan ciertos metales corrientes como son los aceros endurecibles.*

*La estructura granular cambia cuando se aplica la segunda pasada de una soldadura a tope con chaflán doble. Observe los efectos en la estructura granular en secciones ampliadas de metal base y del metal de la soldadura después de haberse depositado el primero y el segundo cordón.*

*El metal recocido del primer cordón tiene una estructura granular fina a menudo da a la soldadura mayor resistencia y tenacidad y evita el agrietamiento y las concentraciones de tensiones.”<sup>5</sup>*

La soldadura es la técnica de junta más utilizada en la industria. Sin embargo, antes de la invención de la soldadura industrial los métodos más comunes para sujetar y unir piezas eran el roblonado y el empernado. El primero consiste en la aplicación

---

<sup>5</sup> THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY, *Nuevas lecciones de soldadura por arco*, ed. Otterbein, U.S.A. Pág.

de remaches pesados en estructuras grandes, el segundo consiste en el uso de pernos y tuercas. A mediados del siglo XX se perfeccionó una solución más barata, la soldadura industrial.

De estas existen diversos métodos, como la soldadura autógena y la soldadura con plomo, llamada plomería. En la experimentación con metales como recurso de expresión, además de las modalidades de junta mencionadas, se incluye la técnica de amarre con alambre, tanto como elemento de expresión como auxiliar en el desarrollo de otros tipos de junta

## **2.3. Base Teórica**

### **2.3.1. Conceptos básicos en la Escultura**

La Escultura, como género de las artes plásticas, tiene por finalidad la producción de obras volumétricas, es decir tridimensionales. A este género pertenecen los bajos y altos relieves. La escultura es una disciplina que ha estado presente en todas las culturas.

En el Antiguo Egipto, Mesopotamia y Meso América la encontramos en forma de megalitos, esto es gigantescas estructuras de piedra. En la cultura Greco-Latina, la escultura antropomórfica llegó a tener un gran nivel de refinamiento, convirtiéndose en la influencia técnica más importante hasta nuestros días. Con respecto a las técnicas de escultura se puede resumir en lo siguiente: *“Las actividades del escultor son varias. La actividad más frecuente es el modelado, que se hace generalmente con arcilla, cuya maleabilidad se presta para producir volúmenes con las manos y así obtener un modelo (de ahí el nombre de esa actividad) al que también cabe llamar maqueta o*

*proyecto. Algunos escultores hacen apuntes previamente, que son dibujos que guían al modelado.*

*La pieza modelada puede ser llevada a mayores dimensiones, para crear un molde de sus formas exteriores y después vaciarlo en bronce. El dibujo o modelo también puede ser enviado al horno para obtener una cerámica escultórica, como lo hacían los antiguos mexicanos y peruanos. El modelo, por último sirve para labrarlo en madera o piedra (mármol por lo regular) Muchos escultores prefieren partir de un dibujo para dicho labrado.”<sup>6</sup>*

Entre todos los elementos formales que sirven para definir conceptualmente la escultura, se ha considerado los componentes o elementos más característicos en la escultura: color, textura, volumen y composición.

La textura se examina en dos variantes: la textura táctil, que se refiere a la percepción sensorial de una superficie por medio del tacto y la que es percibida por medio de la vista: “ *La textura óptica es la creación accidental o diseñada de efectos visuales superficiales.*

*Al rayar o puntear, por ejemplo, líneas o puntos nos describen valores tonales, pero el grano de la textura hará otro tanto con la textura óptica, efecto que en la comunicación de la imagen puede ser o no meramente incidental.”<sup>7</sup>*

El color es un recurso que se analiza con relación a sus posibles aplicaciones. La forma más simple de aplicación del color es por medio de diversos tipos de pinturas industriales.

---

<sup>6</sup> ACHA, JUAN, *Expresión y Apreciación Artísticas*, Ed. Trillas, México, 1993, Pág. 145

<sup>7</sup> PORTER, TOM /GOODMAN, SUE, *Manual de Técnicas Gráficas para arquitectos, diseñadores y artistas*, Ed. Gustavo Gilli, España, 1984, Pág.8

También existe otro tipo de soluciones cromáticas como son el pavoneado, el cual consiste en cubrir la pieza con una superficie con un material resinoso que le da un característico color negro, El cromado, el cual consiste en una aplicación de un material reflejante y el anodizado que es una forma de colorear el metal, sobre todo el aluminio.

Otra solución cromática consiste en mantener las condiciones de un material que ha sido expuesto a la intemperie y que se ha oxidado. Esto se logra por medio de barnices y otras aplicaciones transparentes. Pero en el sentido estricto del color se comprende como un elemento que corresponde a un modelo teórico:

*“Se entiende que el color posee tres dimensiones: tono, intensidad y saturación. El tono es aquella cualidad que de ordinario se considera como el color, en el sentido de que indica lo rojizo, lo verdoso, etc.; la saturación marca la luminosidad u oscurecimiento de un color. Estas tres coordenadas configura la base del sólido de colores, construcción conceptual que alberga convenientemente el mundo cromático.”<sup>8</sup>*

El volumen se comprende como la superposición de planos en tres dimensiones, los cuales son generadores de formas. Los planos se pueden considerar como sólidos, producidos por la superficie de los materiales y los planos virtuales, generados por el encuentro de líneas en la estructura.

Este elemento es importante porque es un indicador que resuelve una serie de problemas que se presentan en los géneros gráficos:

*“La experiencia visual tridimensional se apoya en un orden jerárquico de funciones ópticas primarias y secundarias. Pero el carácter estático de las*

---

<sup>8</sup> Idem. Pág.11

*representaciones gráficas tan solo permite trasladar los componentes secundarios en tanto sean signos gráficos indicativos de profundidad.”<sup>9</sup>*

Vinculadas al volumen se encuentran las formas básicas: la esfera, el cilindro, el cubo. Estas se consideran como las formas fundamentales en la escultura y la pintura.

La estructura de una pieza es un generador de los recursos compositivos en una propuesta Escultórica. Dentro de la escultura se han tomado en cuenta otros componentes secundarios para profundizar en los aspectos de la composición.

### **2.3.2. La Escultura en Hierro Industrial**

Es una modalidad escultórica limitadamente difundida en El Salvador. En las obras en las que se utiliza hierro se han dado soluciones diferentes según cada artista; en algunos casos se han utilizado como soporte en obras polimáticas.

El uso práctico más usual es la estructura de hierro industrial como detalle arquitectónico, como en algunas iglesias de diseño reciente.

En otras regiones, la escultura con hierro industrial tiene mayor difusión. Una muestra de esta situación es la producción escultórica del artista Toshimichi Nozu, quien se dedica a esta modalidad escultórica en Japón. A finales de 1998 hizo una visita a El Salvador que derivó en un curso de soldadura y tratamiento de materiales y herramientas, impartido en el Centro Nacional de Artes, CENAR, del cual se extrajeron algunas nociones de este trabajo.

La intención del uso de hierro industrial como recurso plástico no es nueva, ni se restringe a los productores de arte. En algunos talleres de metal mecánica se producen

---

<sup>9</sup> Idem. Pág.11

con piezas metálicas de desecho y rudimentos artesanales que generalmente se denominan como arte de chatarra, los cuales son un tipo de artesanía, generalmente, antropomórfica confeccionados por trabajadores de esos establecimientos.

En estas obras se observa el potencial que tienen estos materiales para generar los componentes plásticos básicos. Las soluciones que se aportan son orientadoras en el desarrollo de esta modalidad escultórica.

Sin embargo, en opinión de Francisco Jiménez, profesor de la Escuela de Artes de la Universidad Nacional, ninguna de estas experiencias se han desarrollado como producto de una investigación, que además aporte el conocimiento sistemático para la utilización social.

Lo más cercano a la escultura en hierro que se ha hecho sistemáticamente en el país es la herrería, que hace referencia lejana a aquella labor de antaño que producía herraduras y espadas, pero describe una labor diferente en esta época. Este término se refiere a la rama industrial y artesanal dedicada a la elaboración de estructuras metálicas industriales.

Se conoce en la actualidad como una actividad de la mecánica de obra de banco, llamada soldadura de estructuras metálicas. En algunas ocasiones se le llama también balconería porque inicialmente, elaborar balcones de hierro forjado unidos por medio de roblones, era la labor principal, aunque nuevas condiciones propiciaron innovaciones en esta industria. En los años 50 se produjeron transformaciones sociales políticas y económicas en el país que originaron un proceso de industrialización. Permitted una mayor inversión estatal en grandes obras públicas y con ello, el advenimiento de nuevas tecnologías.

Entre las obras más importantes cabe mencionar la inauguración de la Presa 5

de Noviembre y la consecuente electrificación de San Salvador, el 21 de junio de 1954. Esto propició, el advenimiento de los equipos de soldadura.

Eventualmente, la soldadura por arco se comenzó a utilizar en los talleres de metal mecánica. Uno de los sectores que rápidamente adoptaron este recurso fue el transporte público, en sus talleres reparación. Luego se extendió su uso en las compañías constructoras.

Más tarde a las pequeñas empresas que confeccionan puertas y balcones. Esta es la referencia inmediata en la práctica de la escultura en hierro.

## **2.4. Definición operacional de Términos**

**Amolar:** Procedimiento industrial para adelgazar una pieza metálica

**Arrabio:** Acero de desecho y hierro con otros elementos de aleación.

**Cera Perdida:** Método escultórico que consiste en ejecutar piezas en cera, las cuales son recubiertas por una capa de material envolvente, que sirve de molde.

La cera se derrite y drena, dejando huecos en el molde el cual se rellena de metal derretido. El resultado es una pieza con una gran definición del detalle.

**Componentes plásticos:** Elementos formales principales que se consideran en la definición técnica de una obra artística. Los principales son el color, la composición, la textura y el volumen. Existen otros más que son secundarios entre los que se encuentran el ritmo, la proporción y la oposición fondo-figura.

**Electrodo:** Varilla metálica recubierta de un material inflamable, el cual sirve como circuito de un arco eléctrico al soldar, aportando material adicional a la soldadura  
**Empernado:** Unión de dos piezas por medio de tornillos y tuercas.

**Elementos Análogos:** Todos aquellos conceptos que sirven para explicar los componentes y sus facetas, cualidades y relaciones, ligando los procesos de las estructuras metálicas con fenómenos semejantes.

**Escalamiento tipo Likert:** Método de medición desarrollado por Rensis Likert a principios de los treinta.

**Estructuras metálicas:** Estructuras armadas de piezas modulares como la varilla, el tubo, el ángulo y la platina, que sirven generalmente en el campo de la arquitectura y la construcción.

**Fundición blanca:** Fundición acerada o templada superficialmente o colada en coquilla debido al método usado en su fabricación. Se produce del mismo modo que la fundición gris, pero el metal en fusión es enfriado rápidamente.

**Fundición gris:** Fundición que adquiere un color gris oscuro y al frotarla mancha por grafito que se utiliza como aislante entre el metal y el molde.

**Fundición maleable:** Hierro que se obtiene sometiendo las piezas duras y frágiles de fundición gris a un tratamiento ulterior. Las piezas de fundición gris se colocan en cajas de recocer y recubren con escoria, escama de laminación o arena, y se llevan al horno de recocer.

**Herrería:** Labores realizadas en el campo de la manufactura de productos metálicos de forma artesanal.

**Hierro industrial:** Acero que se obtiene al realizar combinaciones de Hierro y Carbono con pequeñas porciones de otros metales como son: Manganeso, Cobre, Cromo,

Molibdeno, Níquel y Zirconio.

**Metal ferroso:** Metal que contiene una cantidad dominante de hierro

**Metalurgia:** Campo de la ingeniería relacionada con la extracción y procesamiento de diversos metales.

**Módulos:** Cada uno de los elementos de una estructura que pueden ser identificados individualmente.

**Piezas forjadas:** Piezas producidas con barras de metal, calentadas a un punto que puedan ser modeladas, colocadas en una especie de yunque y presionadas con martinete pesado o sometidas a por medio de una prensa.

**Polimática:** Se dice de la obra artística que utiliza una serie de materiales heterogéneos en la solución formal de su propuesta.

**Rebaba:** Material excedente que sale de los moldes

**Roblonado:** Antiguo método de conjunción que servía para unir grandes estructuras metálicas. Consistía en la introducción de un roblón, el cual es una pequeña pieza cilíndrica, entre dos piezas agujereadas y luego se aplastaba en ambos extremos. Especie de remache.

**Soldadura de Arco:** Procedimiento industrial de soldadura que consiste en la formación de un campo eléctrico que genera una alta temperatura, capaz de derretir una varilla metálica revestida de materiales inflamables y el área de unión de dos piezas metálicas, las cuales se funden en una sola pieza.

**Volumétrico:** Relativo a la condición dimensional de un volumen.

## **3. Método**

### **3.1. Planteamiento del Problema**

#### **3.1.1. Descripción**

El uso del hierro industrial y materiales afines como alternativa en la creación escultórica se fundamenta en la producción de estructuras metálicas.

En la escultura se transfiere la base técnica y material de las estructuras metálicas y reinterpretan sus componentes en formas estéticas mediante un proceso de analogía que los relaciona sistemáticamente en la generación de los componentes plásticos fundamentales en la escultura en hierro.

En la actualidad no existe un conocimiento socializado sistemático en esta área donde se establezcan estas relaciones.

#### **3.1.2. Elementos**

3.1.2.1. En las estructuras metálicas existe una serie de componentes integrantes que se pueden considerar análogos a los componentes que constituyen una escultura.

3.1.2.2. Hay identidad en los procesos productivos en las estructuras metálicas y la construcción escultórica.

3.1.2.3. Los componentes plásticos en la escultura son elementos de juicio que permiten realizar un análisis formal de una obra.

### **3.1.3. Formulación**

¿Es posible establecer por medio de un razonamiento analógico, de manera metódica, la transferencia de los elementos que integran las estructuras metálicas industriales, en la generación de los componentes plásticos de una escultura en hierro?

## **3.2. Hipótesis**

### **3.2.1. Descripción**

En El Salvador no existe documentación en la que se exprese la existencia de una analogía entre los productos industriales y los productos de la creación artística. Las semejanzas entre estas actividades permiten que se explore nuevas posibilidades de expresión en el campo del arte.

En general, la industria provee a los productores artísticos nuevos materiales, y la posibilidad de experimentar con estos. Entre estos materiales encontramos al hierro industrial, que ha sido potenciado desde hace más de 50 años por el surgimiento de la soldadura por arco.

El hierro industrial ha sido utilizado en otros países como materia prima de esculturas. Una investigación que destaque por medio de razonamiento analógico esta relación técnica, contribuye al desarrollo de la escultura en hierro como forma de expresión.

### **3.2.2. Tipo de Hipótesis**

Se considera que esta es una hipótesis causal porque la variable independiente tiene una relación de causa sobre la variable dependiente. Los componentes plásticos en la escultura en hierro son generados a partir de considerar los vínculos que se derivan del análisis de las estructuras metálicas.

### **3.2.3. Definición de Hipótesis**

“La definición conceptual de elementos análogos en estructuras metálicas industriales permite transferir una solución técnica para construir los componentes plásticos fundamentales en la escultura en hierro industrial.”

#### 3.2.3.1. Definición de Variables

##### 3.2.3.1.1. Variable independiente:

Elementos análogos en estructuras metálicas industriales.

##### 3.2.3.1.2. Variable dependiente:

Componentes plásticos fundamentales

#### 3.2.3.2. Definición Conceptual

##### 3.2.3.2.1. Elementos análogos en estructuras metálicas industriales.

Son todos aquellos conceptos que sirven para explicar las facetas, cualidades y relaciones de los componentes, ligando los procesos productivos de las estructuras metálicas con fenómenos semejantes.

Las soluciones técnicas para desarrollar una propuesta escultórica se funda en los nexos que existen con los elementos análogos. Para el análisis se han determinado los siguientes:

La disposición de componentes modulares, sugiere la incidencia de las piezas básicas o módulos, individualmente o como estructura, la generación de texturas y la generación de formas básicas.

La condición superficial indica la incidencia de soluciones cromáticas y de textura en un proyecto escultórico.

La Condición volumétrica es la particularidad de las estructuras metálicas que permite componer los indicadores de volumen, las formas básicas e incidir en la composición.

Las condiciones de las juntas apuntan a la generación de texturas, de soluciones cromáticas y también de indicadores de volumen.

Los componentes tienen su fundamento principal en las cualidades de los materiales y las técnicas de junta.

Los materiales que se utilizan en la industria de estructuras metálicas son piezas de hierro producidas en fundiciones, generalmente por medio de moldes. Hay una diversidad de estos materiales, con diferentes medidas y grosores. El largo estándar de estas piezas es de seis metros lineales.

Las variedades más comunes son la platina, la varilla, el ángulo y el tubo. La técnica de junta más utilizada en la actualidad es la soldadura por arco, en la cual interviene otro material el cual es el electrodo, una varilla de metal que se funde cuando se genera un arco eléctrico en la soldadura.

#### 3.2.3.2.2. Componentes plásticos fundamentales

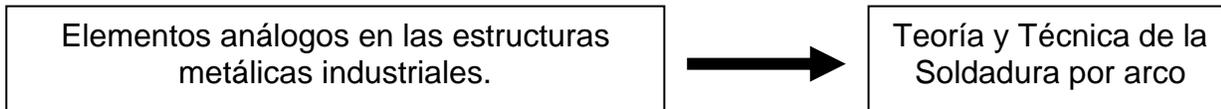
Los componentes plásticos son todos aquellos elementos que caracterizan formalmente una escultura u otra obra artística. Los más importantes de estos componentes son la textura, el color, el volumen y la composición. Estos se resuelven

en la propuesta artística, consistente en una estructura escultórica o una serie de ellas.

En la estructura, la disposición de una serie de elementos genera el todo, plasma una versión particular de los componentes plásticos de la escultura.

### 3.2.3.3. Definición Operacional

#### 3.2.3.3.1. Variable independiente



#### 3.2.3.3.2. Variable dependiente



## 3.3. Instrumentos de recolección de datos

### 3.3.1. Descripción:

El tipo de problema que se ha abordado conduce a proponer un estudio no experimental, transeccional- descriptivo. El propósito fundamental es describir la relación de los aspectos cualitativos de las variables. En este caso se intenta establecer el nivel de analogía que hay entre los elementos de las estructuras metálicas y los componentes plásticos fundamentales.

### 3.3.2. Instrumentos:

Dado que no existe un instrumento específico para recopilar información para este trabajo, se ha adaptado un instrumento como guía de observación. Consiste en

una escala de cinco puntos, basada en el escalamiento tipo Likert,<sup>10</sup> el cual radica en un conjunto de ítem presentados en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se pide la reacción de los sujetos, eligiendo uno de los cinco puntos. A cada punto se le asigna un valor numérico.

La introducción de este instrumento de observación es útil para recopilar información que relaciona a elementos que se han definido previamente en estructuras metálicas con el nivel de transferencia técnica que se produce en la ejecución de proyectos escultóricos, en los que se utiliza hierro industrial y otros materiales afines como materia prima.

El instrumento permite determinar en que medida se presentan los componentes plásticos implícitos en los elementos análogos de las estructuras metálicas. Para desarrollarlo se examinaron los aspectos más relevantes de las estructuras metálicas, los cuales permiten elaborar una serie de afirmaciones que se expresan en el instrumento.

### **3.3.3. Escala de transferencia:**

1-ninguna 2-mínima 3-regular 4-significativa 5-total

### **3.3.4. Indicadores para el resultado de análisis**

Los indicadores se han considerado correlativos a las características de la unidad de análisis. Consisten en los componentes específicos de las variables dependientes. Se definen operacionalmente en una jerarquía de conceptos de abstracción de la

---

<sup>10</sup> SAMPIERI, ROBERTO R. H. *Metodología de la Investigación*. Ed. Esfuerzos, México, 1999, Pág. 256

siguiente manera:

3.3.4.1. Indicadores de mayor abstracción: Componentes plásticos

3.3.4.2. Indicadores de abstracción intermedia

3.3.4.2.1. Textura

3.3.4.2.2. Color

3.3.4.2.3. Volumen

3.3.4.2.4. Composición

3.3.4.3. Indicadores empíricos:

3.3.4.3.1. Textura

3.3.4.3.1.1. Óptica o virtual

3.3.4.3.1.2. Táctil

3.3.4.3.2. Color

3.3.4.3.2.1. Pigmento

3.3.4.3.2.2. Metal procesado

3.3.4.3.2.3. Metal desnudo

3.3.4.3.3. Volumen

3.3.4.3.3.1.1. Planos sólidos

3.3.4.3.3.1.2. Planos virtuales

3.3.4.3.4. Composición

3.3.4.3.4.1. Proporción

3.3.4.3.4.2. Simetría

**3.3.4.3.4.3. Ritmo**

## **3.4. Procedimientos**

### **3.4.1. Selección de la muestra y universo**

#### 3.4.1.1. Universo

El universo que se ha considerado consiste en todas las estructuras metálicas producidas con hierro industrial, instaladas en el área metropolitana.

#### 3.4.1.2. Muestra

##### 3.4.1.2.1. Tipo de muestra

Se ha establecido como una muestra no probabilística, dado que no se busca registrar una tendencia de tipo estadística en el trabajo, sino describir aspectos cualitativos en las estructuras metálicas.

Las estructuras metálicas en general reúnen una serie de características que son comunes, expresadas en forma de elementos que pueden ser considerados como análogos a los elementos que constituyen una escultura.

No es necesario desarrollar una muestra voluminosa, sino una que refleje estas cualidades; para el caso, elementos integrantes que sustenten las posibilidades constructivas en la escultura.

##### 3.4.1.2.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis se ha establecido a partir de esas condiciones y se denomina estructura metálica industrial.

Sus características más generales son:

- Compuesta de las piezas básicas que se han planteado en el trabajo.
- Diseño estructural arquitectónico,

-En la condición Cromática y textura, estructuras sometida a procesos industriales de pigmentación, estructuras sometidas a la acción de los elementos climáticos.

-En volumetría se busca la disposición tridimensional de planos

-En los puntos y Tipos de juntura se consideran los cordones de soldadura de diverso tipo, piezas roblonadas, apernadas y unidas por amarre.

### **3.4.2. Recolección de datos**

La recolección de datos surge de la aplicación de un instrumento que se ha denominado “Escala de transferencia”, cuyo objeto de observación son los componentes que integran las estructuras metálicas industriales.

La escala permite realizar un juicio de los elementos que constituyen las estructuras metálicas comparándolos con las posibles soluciones componentes plásticos que están implícitos en aquellas.

Previamente se han definido conceptualmente una serie de características relevantes de las estructuras metálicas y luego, se ha establecido una jerarquía de conceptos, en la cual componentes plásticos es el indicador de mayor abstracción y los indicadores de abstracción intermedia son la textura, el color, el volumen, y la composición.

Los indicadores empíricos son referentes útiles para determinar en que medida los primeros inciden en la generación los últimos.

Esta escala se aplica a un conjunto de 40 estructuras metálicas que reúnen las características que se han definido previamente y seleccionadas al azar, lo cual es adecuado a los fines del estudio. Para ilustrar los resultados se elaboraron una serie de fotografías.

### **3.4.3. Análisis de datos**

Los datos obtenidos de la escala de transferencia responden a la interrogante: ¿Qué tanto se transfieren los elementos análogos que integran las Estructuras Metálicas Industriales en la solución de los Componentes Plásticos Fundamentales? Para ampliar la respuesta y determinar la manera, se estratificó la sumatoria del puntaje por cada una de las afirmaciones para definir como los elementos aislados pueden incidir en algunos componentes plásticos.

El procedimiento consiste en procesar 40 copias de la escala de transferencia, sumando el resultado de cada categoría y relacionarla en una escala donde el punto mínimo corresponde a la puntuación mínima posible (40) y el otro extremo a la puntuación máxima posible (200)

Estas gráficas indican el nivel de transferencia de los elementos análogos, correlacionados con los componentes plásticos, afines a aquellos.

Con un método de síntesis y análisis, las variables dependientes serán expuestas en los diferentes rubros que la componen, para describir un panorama que aporte el conocimiento básico para resolver técnicamente los obstáculos en un proyecto escultórico de esta naturaleza.

## **4. Resultados**

### **4.1. Características de las muestras**

Las muestras que se seleccionaron para desarrollar este trabajo son generalmente estructuras diseñadas con fines arquitectónicos. Algunas sirven como soporte estructural, otras como elementos accesorios como puertas y balcones. Muy pocas tienen características volumétricas.

Esta peculiaridad se refleja en la escasa incidencia del volumen, dado que la gran mayoría de las estructuras son aplanadas y la mayor disposición tridimensional de planos se encontró en estructuras espaciales.

Lo mismo sucede con la condición Cromática y textura: la gran mayoría de estructuras está sometida a procesos industriales de pigmentación; las estructuras sometidas a la acción de los elementos climáticos por lo general tienen capas de pintura en degradación.

Los tipos de junta que se producen en este tipo de estructura, por lo general son producidos con soldadura de arco. Algunas son piezas roblonadas y unidas por pernos. Las juntas producidas con soldadura por arco, son comúnmente desbastadas por medios abrasivos.

### **4.2. Vaciado de datos**

Los resultados expuestos corresponden a la puntuación promedio obtenido del análisis de cuarenta copias de la escala. A cada alternativa se le asignó una puntuación en la tabla, según su posición correspondiente, del 1 al 5.

Estos puntos en cada ítem se han multiplicado por la frecuencia con la que esta

categoría fue seleccionada en 40 casos de la escala de transferencia.

Los resultados de cada categoría son sumados y expuestos en una tabla donde un punto corresponde a la puntuación mínima posible (40) y el otro extremo a la puntuación máxima posible (200)

Estos datos se han colocado en una gráfica porcentual, en la que 200 corresponde al 100% de los puntos.

La sumatoria de todos los items da por resultado una puntuación mínima posible de 11 para todo el cuestionario en caso de que todas fueran marcadas como “ninguna”. La puntuación máxima posible es de 55 en el caso que fueran marcadas como “total”.

El nivel de transferencia de los elementos que integran las Estructuras Metálicas Industriales en la generación de los Componentes Plásticos Fundamentales de la escultura se estableció en 1130 puntos de 2200, lo que equivale a una puntuación porcentual del 51%.

En las gráficas siguientes se expone el nivel de incidencia de los elementos análogos para generar componentes plásticos.

**¿Qué tanto se transfieren los elementos análogos que integran las Estructuras Metálicas Industriales en la solución de los Componentes Plásticos Fundamentales de la escultura?**

9*1=9	16*2=32	4*3=12	6*4=24	5*5=25
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

2  
Dispo

sición de los componentes modulares en el volumen: 99

14*1= 14	9*2=18	6*3=18	6*4=24	5*5=25
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

3  
Dispo

sición de los componentes modulares en la composición: 159

3*1=3	0*2=0	6*3=18	17*4=68	14*5=70
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

4  
Condi

ción superficial en la textura: 110

3*1=3	16*2=32	10*3=30	9*4=36	2*5=10
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

5  
Condi

ción superficial en el color: 138

0*1=9	3*2=6	18*3=54	17*4=68	2*5=10
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

6  
Condi

ción volumétrica en la textura: 101

7*1=7	13*2=26	12*3=36	8*4=32	0*5=0
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

7  
Condi

ción volumétrica en el volumen: 84

17*1=17	9*2=18	8*3=24	5*4=20	1*5=5
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

8  
Condi

ción volumétrica en la composición: 87

17*1=17	9*2=18	6*3=18	6*4=24	2*5=10
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

9  
Condi

ción de las juntas en la textura: 109

3*1=3	18*2=36	8*3=24	9*4=36	1*5=5
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

10  
Condi

ción de las juntas en el color: 71

21*1=21	9*2=18	8*3=24	2*4=8	0*5=0
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

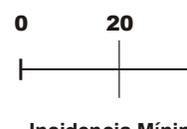
11  
Condi

ción de las juntas en el volumen: 70

16*1=16	18*2=36	6*3=12	0*4=0	0*5=0
1-Ninguna	2-Mínima	3-Regular	4-Significativa	5-Total

tos en gráficas

#### 4.3. D



## **4.4. Análisis de resultados**

### **4.4.1. Textura**

Las condiciones superficiales de las estructuras en hierro industrial expresan una riqueza de texturas, cuando son sometidas a la intemperie y a la acción de diversos procesos mecánicos.

Esto se pudo observar en algunas estructuras que se han oxidado con el paso de los años y que han perdido la protección de pintura. El contraste que se genera cuando algunas partes aún conservan la protección, pueden convertirse en elementos generadores de textura.

Las capas de óxido producidas varían entre el naranja y el marrón, y producen una serie de manchas impredecibles. Estas manchas producen una textura de tipo óptica, las cuales se pierden si se aplica pintura sobre ellas.

Algunas capas de óxido en un tipo de hierro generan protuberancias a manera de escamas que las convierte en texturas táctiles. La manera de conservar esta condición de óxido es con un tratamiento de plásticos polímeros, los cuales producen una capa transparente e impermeable.

Además del óxido hay otros agentes que producen texturas en una estructura, por ejemplo el hollín y el cemento, cuando las estructuras metálicas entran en contacto con estos en un proceso industrial.

En la generación de textura, la condición volumétrica incide en la medida que las estructuras producen planos sólidos o virtuales, y producen una forma continua, reconocible.

La secuencia de este tipo produce un efecto óptico de textura. Aunque en la práctica la disposición de los materiales modulares, indique la existencia de textura, individualmente estos son lisos.

Esto se da generalmente en las estructuras espaciales y en otro tipo de estructura que utiliza los elementos espaciales como recurso. Esto es la disposición de módulos en forma de red tridimensional.

Pero los módulos no solo generan textura óptica de esa manera, sino por una disposición más grácil y decorativa. Las puertas y balcones entre otras estructuras utilizan una serie de elementos como las volutas y las figuras geométricas para darle un carácter estético que procede de lo artesanal.

Las diversas combinaciones de materiales modulares permiten producir en una estructura una diversidad de gráficos que se consideran como dibujos, que son la pauta para el desarrollo de la forma en tres dimensiones.

Otra característica que hay que considerar en la generación de texturas es que algunos de los materiales tienen la suya propia, y por si solos podrían ser útiles como generadores de textura.

Son módulos que tienen textura de tipo táctil, como la varilla corrugada que se utiliza en la construcción y la lámina troquelada con diversos diseños.

La textura táctil también se produce por medio de las aplicaciones de las diversas técnicas de junta, las cuales son diferentes a los de los módulos. Las conjunciones elaboradas por soldadura por arco son producidas como recurso de unión en las estructuras metálicas. Posteriormente son desbastadas por medios mecánicos con el fin de producir acabados más limpios y exactos.

En las propuestas escultóricas, la aplicación del metal derretido de la soldadura

es un recurso válido para generar texturas. La aplicación de medios mecánicos como pulidoras y taladros, genera otro tipo de textura, no solo en las juntas sino también sobre la superficie de la estructura.

Otros tipos de junta como el empernado y el roblonado producen protuberancias en la superficie, generando un tipo de textura regular. El amarre como técnica de junta produce una textura más accidentada, se utiliza como una solución primitiva, muy acorde con lo artesanal.

En las gráficas, la incidencia en la textura es media, porque hay que considerar que la gran mayoría de las estructuras seleccionadas tienen un grado de protección, generalmente con aplicaciones de pintura industrial y las posibilidades de la textura óptica se reducen.

Algunos materiales tienen su propia textura y esto genera pautas en la estructura, y por si solos son generadores de texturas. Las juntas por soldadura son transformadas en piezas lisas, reduciendo la cantidad de textura, dado los requerimientos funcionales de las estructuras metálicas.

#### **4.4.2. Color**

La condición superficial de una estructura metálica determina diferentes tipos de solución cromática, aplicables a proyectos escultóricos. La condición superficial más común es la pigmentada; la superficie estructural es recubierta con bases y pinturas industriales.

La base es un recubrimiento que se adhiere fijamente al metal y tiene una función antioxidante. Sirve además como adhesivo de la pintura. La pintura que se utiliza en estructuras metálicas por lo general tiene una base de aceites industriales y otros agentes químicos derivados del petróleo, como las pinturas con base polimérica.

Cuando una estructura metálica se deteriora con el paso del tiempo, se dice que la condición superficial es de metal desnudo. Hay pérdida de pigmento, oxidación, adherencia de otros tipos de materia, como el hollín. En algunos casos la fricción sobre el metal lo pule y desgasta, volviéndolo brillante.

Como la textura, la solución cromática por el metal desnudo, provee de elementos de color sugestivos. El contraste generado por las áreas de óxido y las áreas aún pigmentada le dan cierto carácter a las estructuras.

En las juntas de metal desnudo resulta más propicio para la expresión que si estuviera pigmentado. Los relieves que se producen con el metal derretido de los electrodos, son más perceptibles por la variación de tonos.

Otra condición que se puede analizar en la superficie es el metal tratado, lo cual consiste en someter al metal a la acción de diversos procesos.

El metal tratado con pulidora produce una condición cromática y de textura que refleja del espectro lumínico, y una condición de bruñido. La acción de la pulidora sobre el metal, es capaz de producir cortes transversales

El uso de martillos deforma el metal en pequeños planos, dando la apariencia de un objeto forjado. Deformaciones más trabajadas pueden incluso producir dibujos de diferentes tonos en la estructura.

Otras condiciones superficiales que inciden sobre la solución cromática es la de las aplicaciones químicas, electroquímicas y de metal fundido.

Entre las aplicaciones químicas se encuentra la aplicación de pavón sobre hierro, el cual consiste en la inmersión de una pieza en aceite industrial quemado y luego procesado en un horno a altas temperaturas. El resultado es una pieza con una capa de color negro mate parecida al plástico.

Entre las aplicaciones electroquímicas como la galvanización, la cual es una aplicación de zinc sobre hierro, el anodizado la cual consiste en dar una capa de color al aluminio y el cromado el cual es una capa de cromo, un metal muy reflejante, sobre el hierro.

La mayoría de estos procesos no se encuentran en estructuras metálicas, sino en pequeños objetos utilitarios y en vehículos. Aún así, las condiciones superficiales tienen alta incidencia sobre la solución del color.

#### **4.4.3. Volumen**

La condición volumétrica en las estructuras sugiere formas básicas que generalmente son cubos y cilindros. Casi no se encontraron estructuras de forma esféricas en la investigación.

Las estructuras en su mayoría son planas, por requerimientos utilitarios. Son puertas, balcones y bardas. Las que tienen una condición volumétrica más desarrollada e indican una noción cúbica, son las estructuras espaciales.

La forma cilíndrica se encuentra más en estructuras metálicas de almacenamiento, como silos y tanques de líquidos.

Al contrario de la estructura modular, individualmente los módulos no son generadores de volumen, considerando la escala de construcción de las estructuras y las proporciones de los materiales utilizados. Aunque hay excepciones, como los gigantes tubos que se utilizan como soporte de algunas vallas publicitarias o los tubos del drenaje.

La construcción de estructuras espaciales se ejecuta con la disposición de módulos en diferentes ángulos, formando una red tridimensional compuesta de un

conjunto de planos virtuales. Los planos virtuales son planos aparentes que se producen por la combinación de las aristas de los elementos modulares, e interpretando los espacios vacíos como parte del plano.

Las aristas son líneas provocadas por los módulos para indicar donde se empalman dos planos. Pero las líneas que se generan con los elementos modulares en la estructura no solo son rectas, sino también curvas. La maleabilidad del metal permite elaborar así formas más orgánicas.

A diferencia de lo aparente en los planos virtuales, los planos sólidos se producen disponiendo los elementos modulares en serie, o utilizando otro elemento modular como la plancha o lámina, la cual cubre un área mayor.

Otra consideración sobre el volumen es el que se produce por soldadura, la cual puede ser un factor de expresión en obras de pocas dimensiones. La condición de las juntas tiene incidencia mínima, dado que la soldadura produce una masa reducida.

#### **4.4.4. Composición**

La proporción de los módulos como elementos primarios de composición, está determinada por la necesidad de utilizar recursos de características geométricas para simplificar los procesos productivos. Las formas más comunes son cilíndricas y cúbicas. En el uso de lámina, aunque tiene grosor, las proporciones más considerables son el alto y el ancho.

Las piezas modulares tienen medidas estándar; el largo es de seis metros y los anchos se escalan en pulgadas. El diseño de las estructuras se funda en esas medidas estándar por requerimientos industriales.

Aunque la disposición individual de los módulos no incide en la proporción de

las estructuras, si tiene una incidencia máxima en la composición dispuestos en conjunto. La estructura es el ordenamiento de los elementos integrantes de una manera armónica. Esta disposición produce ritmo y simetría.

El ritmo es condición de los módulos dispuestos en estructura de manera que produzca elementos repetidos armónicamente. Esta repetición no es necesariamente monótona, sino la contraposición de figuras de diferente manera: por escala, por reflejo, por rotación y por combinaciones de las tres.

Simetría es la disposición adecuada de cada módulo con respecto a otro y con respecto a la estructura. La simetría tiene una incidencia significativa en una propuesta escultórica. Esta se puede presentar como simétrica de dos o más lados, o también asimétrica. En la escultura, la simetría, es el factor que da la noción de equilibrio interno.

La disposición de los módulos genera además otros elementos secundarios que están presentes en la escultura como la perspectiva y el sentido de profundidad, la contraposición fondo-figura y los efectos de luz y sombra.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1. Conclusiones**

La hipótesis se relaciona con los resultados de la siguiente manera:

Los conceptos definidos en este estudio como elementos análogos permiten establecer un proceso de transferencia teórica y técnica en la ejecución de escultura, por lo tanto la hipótesis se cumple.

Los resultados indican que, por la naturaleza utilitaria de las estructuras metálicas

industriales, los valores obtenidos solo se presentan medianamente. Las relaciones de analogía son superadas en la escultura. El análisis demuestra que la asimilación de los elementos análogos como recurso para desarrollar las estructuras escultóricas puede trascender en la medida que la transferencia no es puramente mecánica, sino conceptual.

Las estructuras metálicas inciden en el arte de una manera relativa. Son desarrolladas con una serie de especificaciones utilitarias y funcionales, para el campo de la industria de la construcción. Pero también indican las soluciones técnicas para construir una escultura en hierro.

Las posibilidades creativas surgen de la apreciación de los resultados obtenidos en las estructuras metálicas. Algunas técnicas pueden aplicarse de manera diferente para lograr distintos objetivos. Las posibilidades plásticas del hierro se pueden potenciar y diferenciar de las estructuras metálicas.

El acceso a los materiales y técnicas industriales no es tan complicado como antes. Los costos de los equipos son relativamente accesibles. La demanda de productos de hierro y de los productores se ha expandido, considerando que el hierro es sustituto de materiales como la madera. En el país existen además, fundiciones que proveen de diferentes tipos de hierro.

La experimentación con la soldadura por arco en hierro industrial y el uso de materiales similares para construir escultura es una alternativa viable. Es más barata que la fundición y no necesita grandes espacios para producir una escultura; el equipo es móvil, y permite desarrollar proyectos ambulantes.

Las posibilidades de expresión que hay en el hierro industrial son grandes gracias a su versatilidad. Es un material moldeable, duro y los resultados pueden ser

relativamente predecibles.

## 5.2. Hallazgos

La aplicación de pintura industrial en las estructuras metálicas es relevante por su función decorativa y protectora. En la escultura en hierro es diferente, el hierro desnudo o sometido a otros procesos, produce variaciones tonales más interesantes que la pintura industrial.

La aplicación de la pintura en hierro se transparenta a manera de veladuras (recurso pictórico) si no hay una aplicación previa de una base, manteniendo el efecto de textura óptica.

El uso del color por pigmentos no altera en gran medida el impacto que puede tener una obra. En algunos casos se puede prescindir de éste.

El barniz destaca la superficie de las piezas, pero neutraliza los colores del óxido, el naranja natural se vuelve café oscuro.

La aplicación de soldadura crea una gama independiente de color, del negro al gris claro, y tonos por descomposición de la luz.

Una aplicación interesante que se hace en las estructuras metálicas es lo reflejante de la superficie con la aplicación de cromo.

Existe una variedad de procesos industriales para tratar la superficie, entre los que están: el anodizado que consiste en un tratamiento para colorar el aluminio, el pavoneado que consiste en ennegrecer la superficie metálica, y el cromado el cual es un proceso que produce una superficie muy reflejante.

La textura más rica es la que ofrece el material en sí. La conjunción de pequeñas piezas soldadas de forma irregular, crea texturas.

La soldadura es otro generador de textura, el metal derretido de los electrodos produce una superficie irregular de bronce o estaño.

El bruñido en el metal crea una serie de planos irregulares que producen degradaciones cromáticas.

El volumen se genera superponiendo planos, pieza sobre pieza, creando espacios virtuales y sólidos.

La calidad de lo maleable en el metal permite realizar volúmenes extremos, que no se pueden lograr con otros materiales.

El uso de diferentes modalidades de hierro ayuda a crear formas singulares, y expresivas rompiendo con la monotonía.

El uso de una armazón es determinante para el desarrollo del volumen.

### **5.3. Recomendaciones**

A los escultores se recomienda la experimentación con hierro lo cual es una posibilidad con pocas dificultades. El uso de la soldadura por arco no requiere de un entrenamiento tan exhaustivo. El desarrollo de la técnica se da con la práctica. El mayor esfuerzo físico se da en la manipulación de los materiales y en la aplicación de la soldadura por lo que es necesario tomar una serie de medidas relativas a la protección de la vista y la piel

A la Escuela de Artes la enseñanza de los métodos para desarrollar esta modalidad escultórica. En el pasado hubo experiencias en este campo y las bases para su experimentación están dadas. La técnica de soldadura por arco aplicada a la escultura en hierro es una alternativa de expresión viable.

A los investigadores de problemáticas relacionadas con el arte se recomienda la

búsqueda de materiales similares al hierro. También el uso de un método similar al utilizado en este trabajo para establecer las relaciones entre este material y el campo del arte. Entre estos materiales se encuentran los plásticos, los materiales de construcción de obra negra y la madera.

A los artistas en general la construcción de propuestas con estos materiales. Se recomienda que tales propuestas posean dos condiciones mínimas: la primera es que se diferencie de un producto puramente industrial, de uno puramente decorativo o de algo netamente artesanal. La segunda condición es la relativa a que los materiales utilizados puedan reconocerse y no se difuminen en la solución de la escultura.

#### **5.4. El futuro de la Escultura en Hierro**

Los materiales y herramientas evolucionan en la industria de estructuras metálicas. En el mercado han aparecido variedades de hierro industrial que no existían antes. El desarrollo de la lámina troquelada, del tubo estructural y de platinas más delgadas, adecua el trabajo de estructuras. El progreso en la maquinaria, permite realizar una serie de labores que antaño eran más difíciles.

La tecnología de la soldadura por arco aún es muy utilizada, pero existen otros tipos de soldadura como la de punto, que en el futuro podrían ser más eficientes, igual ocurre con el desarrollo del láser, el cual podría ser una herramienta más maniobrable en el corte de metal y soldadura.

La accesibilidad a los medios de producción es relativamente sencilla. El mercado está lleno de herramienta de origen asiático, que si bien no tiene una gran calidad, puede ser un recurso barato para desarrollar proyectos escultóricos. El hierro industrial se puede encontrar en muchos negocios de este tipo, pero una solución más barata consiste en obtener el hierro en forma de chatarra, por alrededor de \$5 el quintal.

El acrecentamiento de las propuestas artísticas en este y otros materiales, es normal en el sentido de que la experimentación artística parte de la búsqueda de nuevas formas de expresión, sin conformación de lo existente. Las tendencias de la expresión plástica se ven influenciadas por el desarrollo de las comunicaciones y el conocimiento de experiencias en otros lugares. La escultura no escapa de las influencias de un mundo tecnológico.

## 6. Bibliografía

ÁLVAREZ, ERNESTO. Ingeniería Mecánica, Enciclopedia práctica Jackson, Editores W. M. Jackson inc, México 1959.

ROSENTAL, M.M., Diccionario de Filosofía, Editorial Progreso, URSS, 1965.

ACHA, JUAN, Expresión y Apreciación Artísticas, Ed. Trillas, México, 1993.

PORTER, TOM /GOODMAN, SUE, Manual de Técnicas Gráficas para arquitectos, diseñadores y artistas, Ed. Gustavo Gilli, España, 1984.

BINNINGHOFF H., El desengrase de los metales artículo publicado en el no. 42 de la revista pinturas y acabados industriales. Ediciones Cedel. España, 1959.

ECO, UMBERTO, *Apocalípticos e Integrados*, Editorial Lumen, España, 1968.

EDUCAR, Historia Universal. *La huella del Hombre*, Educar Cultural Recreativa. Colombia, 1994, Tomo 1.

SAMPIERI, ROBERTO R. H. *Metodología de la Investigación*. Editorial Esfuerzos. México, 1999.

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY, *Nuevas lecciones de soldadura por arco*, ed.Otterbein, U.S.A.

PIREDDA C., MASSIMO VLADIMIRO. *Soldadura eléctrica manual* Editorial Limusa. México, 1994.

## **7. Anexos**

### **7.1. Gráficas**

### **7.2. Ficha de identificación de Estructuras Metálicas Industriales**

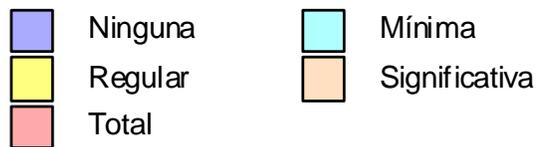
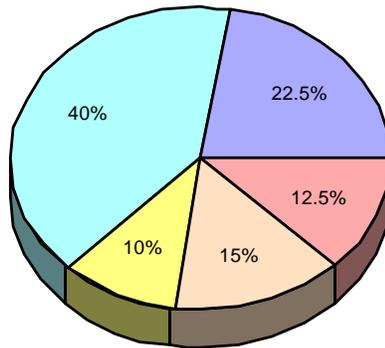
### **7.3. Resumen de producción de muestras en el trabajo de grado**

### **7.4. Gráficas sobre el nivel de transferencia potencial que existe en los componentes modulares de las estructuras metálicas.**

#### **7.4.1. Disposición de los componentes modulares en la textura**

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	9	22.5	9
2	Mínima	16	40	32
3	Regular	4	10	12
4	Significativa	6	15	24
5	Total	5	12.5	25
		40	100%	102

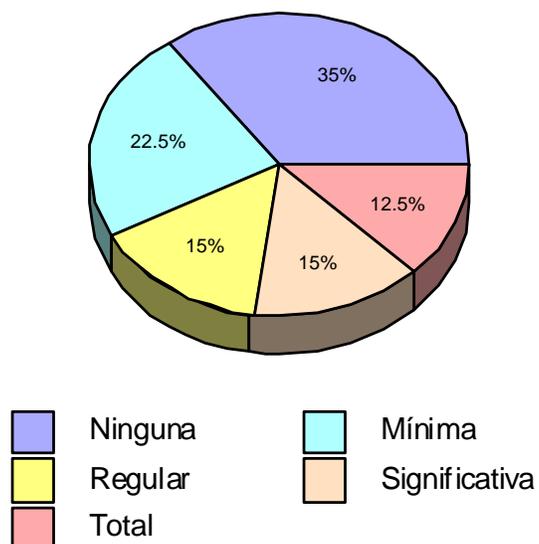
Nivel de transferencia



### 7.4.2. Disposición de los componentes modulares en el volumen

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	14	35	14
2	Mínima	9	22.5	18
3	Regular	6	15	18
4	Significativa	6	15	24
5	Total	5	12.5	25
		40	100%	99

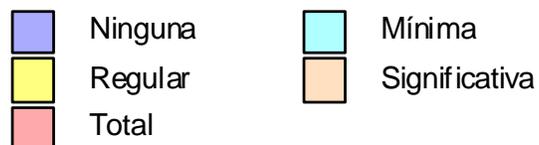
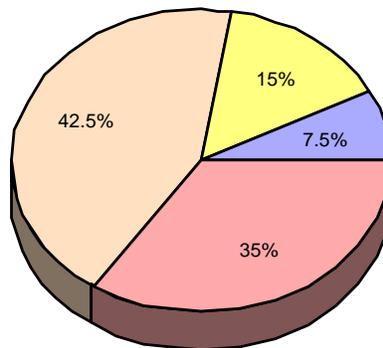
Nivel de transferencia



### 7.4.3. Disposición de los componentes modulares en la composición

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	3	7.5	3
2	Mínima	0	0	0
3	Regular	6	15	18
4	Significativa	17	42.5	68
5	Total	14	35	70
		40	100%	159

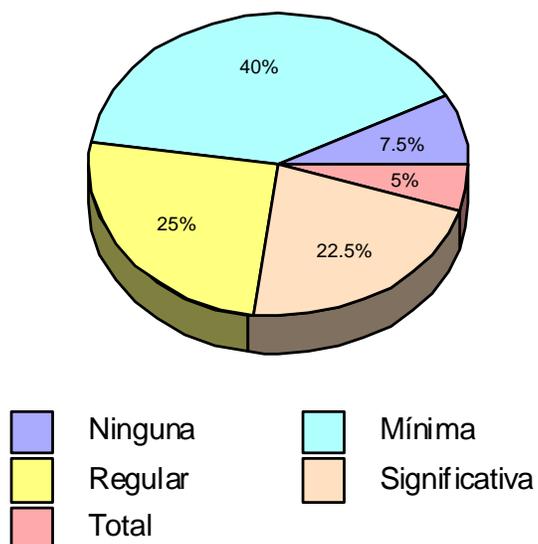
Nivel de transferencia



#### 7.4.4. Condición superficial en la textura

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	3	7.5	3
2	Mínima	16	40	32
3	Regular	10	25	30
4	Significativa	9	22.5	36
5	Total	2	5	10
		40	100%	110

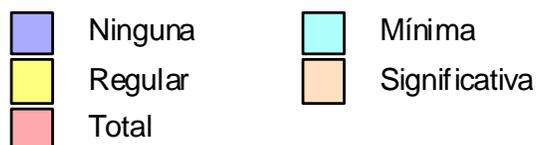
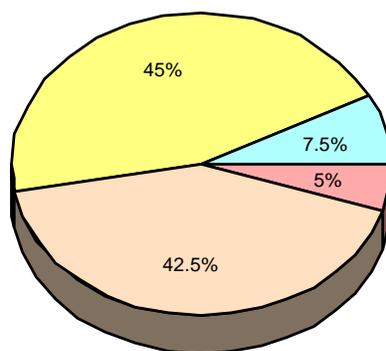
Nivel de transferencia



#### 7.4.5. Condición superficial en el color

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	0	0	0
2	Mínima	3	7.5	6
3	Regular	18	45	54
4	Significativa	17	42.5	68
5	Total	2	5	10
		40	100%	138

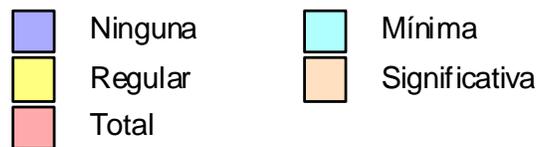
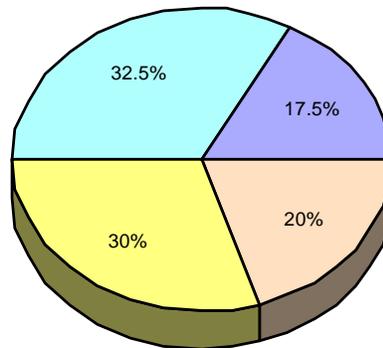
Nivel de transferencia



#### 7.4.6. Condición volumétrica en la textura

Posición n	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	7	17.5	7
2	Mínima	13	32.5	26
3	Regular	12	30	36
4	Significativa	8	20	32
5	Total	0	0	0
		40	100%	101

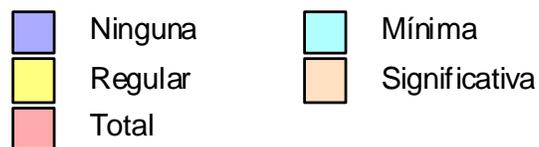
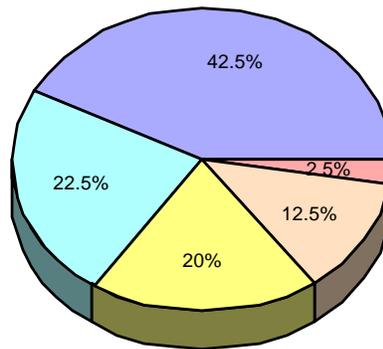
Nivel de transferencia



### 7.4.7. Condición volumétrica en el volumen

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	17	42.5	17
2	Mínima	9	22.5	18
3	Regular	8	20	24
4	Significativa	5	12.5	20
5	Total	1	2.5	5
		40	100%	84

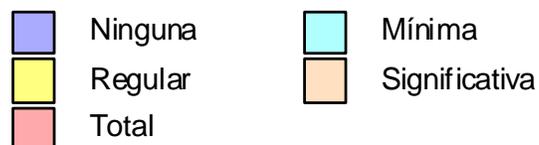
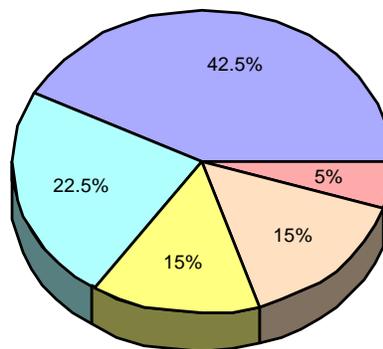
Nivel de transferencia



#### 7.4.8. Condición volumétrica en la composición

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	17	42.5	17
2	Mínima	9	22.5	18
3	Regular	6	15	18
4	Significativa	6	15	24
5	Total	2	5	10
		40	100%	87

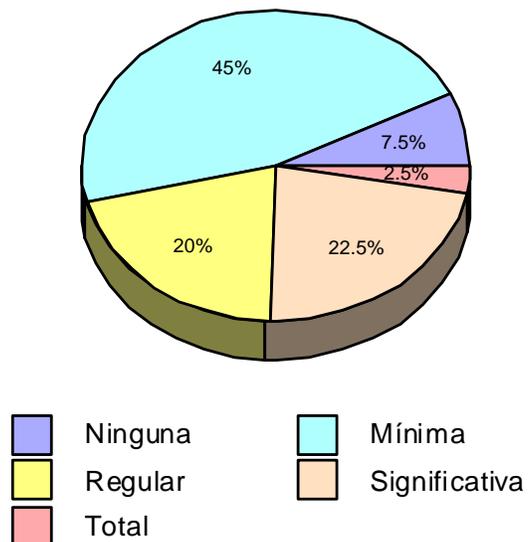
Nivel de transferencia



#### 7.4.9. Pondición de las juntas en las texturas

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	3	7.5	3
2	Mínima	18	45	36
3	Regular	8	20	24
4	Significativa	9	22.5	36
5	Total	1	2.5	5
		40	100%	109

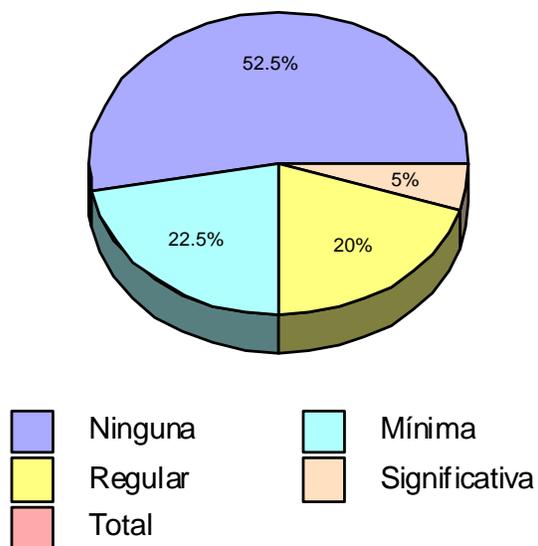
Nivel de transferencia



**7.4.10. Condición de las juntas en el color**

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	21	52.5	21
2	Mínima	9	22.5	18
3	Regular	8	20	24
4	Significativa	2	5	8
5	Total	0	0	0
		40	100%	71

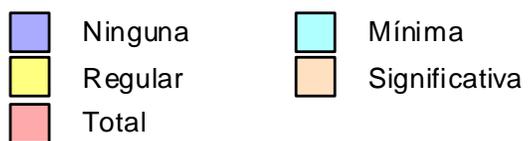
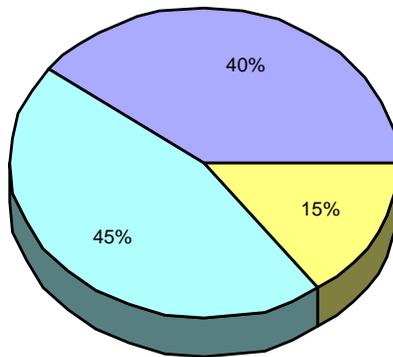
Nivel de transferencia



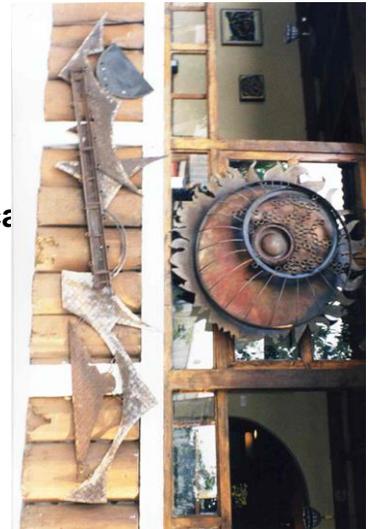
**7.4.11. Condición de las juntas en el volumen**

Posición	Categoría	Frecuencia	%	Puntaje
1	Ninguna	16	40	16
2	Mínima	18	45	36
3	Regular	6	15	18
4	Significativa	0	0	0
5	Total	0	0	0
		40	100%	70

Nivel de transferencia



## Ficha de identificación de Estructuras Metálicas



Tipo de estructura

- I. Estructura escultórica.
- II. Relieve desarrollado en dos
- III. Partes contrapuestas.

Dimensiones

3.75x2.50x0.10 mts.

Ubicación

Calle a San Antonio Abad  
local de bar "La Ventana"

Observaciones

La estructura escultórica está desarrollada en dos partes. La disposición de diferentes metales, incluyendo el hierro, crea una yuxtaposición de formas texturas y colores.

### Ficha de identificación de Estructuras Metálicas

Tipo de estructura

Portón Principal de un

**IV.** Local comercial en

**V.** San Salvador

Dimensiones

12x3.5x0.25 mts.

Ubicación

**VI.** 25 avenida sur y

6ª. Calle Pte.



Observaciones

La estructura está compuesta por planos modulares contrapuestos. Se puede observar que la repetición de formas sugiere la existencia de un ritmo.

---

---

---

### Ficha de identificación de Estructuras Metálicas Industriales

Tipo de estructura

Estructura Espacial que

**VII.** Representa un símbolo religioso

---

Dimensiones

10x3 mts.

Ubicación

Iglesia de Nuestra Señora de la Paz

Municipio de Antiguo Cuscatlán.

Ciudad Merliot



Observaciones

El volumen se sugiere por medio de los espacios virtuales y la superposición de los elementos modulares.

---

---

---

### Ficha de identificación de Estructuras Metálicas

Tipo de estructura

Escultórica

---

---

Dimensiones

0.70x0.60x0.65 mts.

Ubicación

Iglesia del Rosario

San Salvador, centro



Observaciones

Está compuesta por una serie de elementos modulares unidos por medio de soldadura. Es de tipo figurativa, antropomórfica. La superficie está recubierta con laca, observándose las tonalidades propias del metal. La textura está obtenida por medio de aplicaciones de soldadura.

---

### Ficha de identificación de Estructuras Metálicas



Tipo de estructura

Puerta Lateral, compuesta

**VIII.** Por una serie de elementos formados por lámina

Dimensiones

2.50x1.80x0.05 mts.

Ubicación

Iglesia del Rosario

**IX.** San Salvador, centro

Observaciones

La composición se genera por medio de una combinación de planos elípticos. Es de tipo radial y asimétrica.

---

---

---

**Ficha de identificación de Estructuras Metálicas**



Tipo de estructura

**X.** Estructura de acceso construida

**XI.** por mosaicos metálicos

---

---

Dimensiones

3.50x0.90x0.05 mts.

Ubicación

Iglesia del Perpetuo Socorro  
17 avenida sur, San Salvador

Observaciones

La estructura está compuesta por elementos modulares que sugieren una composición rítmica. La creación de una textura óptica está en la disposición de un mosaico en su diseño.

**Ficha de identificación de Estructuras Metálicas I**



Tipo de estructura

Candelabro de tipo asimétrico

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Dimensiones

1.50x0.20x0.20 mts.

Ubicación

Iglesia del Rosario.

**XII.** San Salvador, centro

Observaciones

Está compuesta por una serie de módulos irregulares. Su conformación tiene un sentido ascendente. Los elementos están dispuestos de una manera azarosa. La riqueza de la textura está definida por medio de soldadura. La superficie ha sido recubierta con barniz.



**Máscara 6.**

El tratamiento principal que tiene esta máscara es la superposición de varillas lisas y corrugadas. Algunos espacios vacíos fueron rellenos con platina. El penacho fue obtenido por la colocación de resortes industriales, como representación de la maleabilidad del material. El oxido en esta pieza proporciona diversas tonalidades cromáticas.

la  
lámina

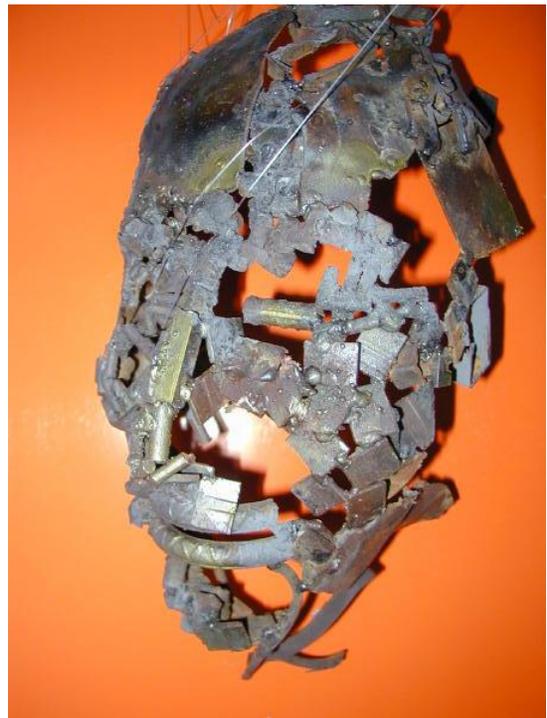


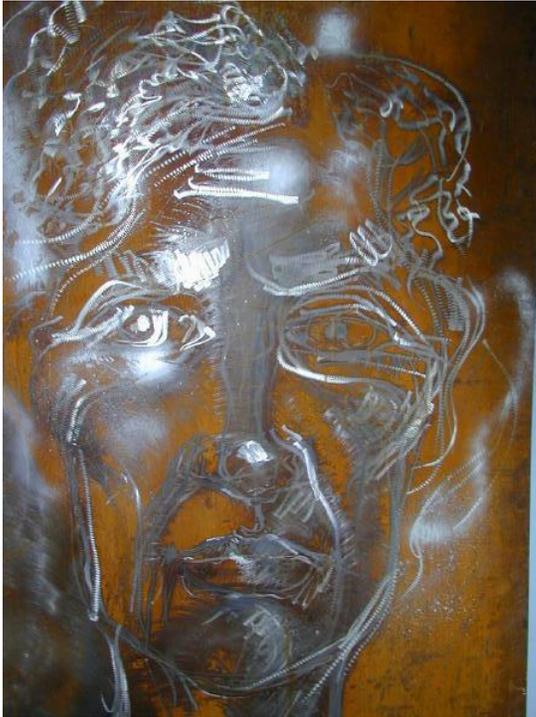
### **Máscara 7.**

Estructura básica como anterior. Fue recubierta con y elementos industriales dispersos. Cuenta con algunos espacios vacíos. Se aplicó pigmentos crasos para obtener diversas tonalidades cromáticas.

### **Máscara 7.**

Estructura básica desarrollada con una técnica de vaciado. Los elementos modulares fueron depositados en un molde y luego se aplicó soldadura para unirlos. Fue recubierta con barniz





### **Dibujo por bruñido**

Dibujo realizado sobre lámina con una condición superficial texturizada por el óxido. Se aplicó un proceso de bruñido por medio de una pulidora.

### **Recursos**

Humanos

Bachiller Ángel Iván Yash

Bachiller Oscar Sosa

Bachiller Luis Alfaro

### **Materiales**

- 6 piezas de platina de ½"
- 2 piezas de platina de 1"
- 5 quintales varilla redonda de ½"
- 25 libras electrodo de 1/8" (multha)
- 10 libras electrodo de 1/32" (multha)

- 10 retazos de lamina de 1/2"
- 4 botes de pintura industrial
- 5 pliegos lija varias (150, y 100)
- 5 unidades discos de pulidora de 3.5"
- 2 unidades ángulo de 2"
- 1 unidades tubo cuadrado de 2"

### Equipo

Equipo de soldadura eléctrica

máscara de soldar

pulidora

taladro de mano 3/8

taladro industrial 16 velocidades de pedestal

sierra de mano, madera

compresor

pistola de pintar

dobladora de tubo industrial

caja de herramientas

martillo

sierras de hierro

prensa de banco

tanques de acetileno

tanque de oxigeno

Almágana de 1 lb.

martillo de hule

brocas

sargentos

Accesorios u otros

libros y revistas

computadora,

papelería

instrumentos de dibujo

cámara fotográfica

Costos

equipo adicional.....	\$50
materiales.....	\$100
transporte.....	\$50
ayudantía.....	\$150
montaje e instalación.....	\$25
alquiler y servicios.....	\$40
total.....	<b>\$315</b>

**Resumen de producción de muestras en el trabajo de grado**

**Desarrollo conceptual**

## Diseño

Se definió el tipo de estructuras que se planificarían para ser desarrolladas como ejercicios. El planteamiento de un concepto básico sirvió como eje orientador en la producción de un modelo de obra con el fin de obtener coherencia interna en el conjunto. Este concepto se ha presentado como una serie de piezas figurativas que surgen de un patrón estructural común.

Temáticamente, las estructuras representadas por máscaras, simbolizan los estados emocionales expresados en una forma sutil. La gesticulación planteada en la escultura en hierro es un ejercicio conducente a formas complejas de elaboración de elementos estilísticos.

## Bocetos de las estructuras

En esta fase se determinó el número de piezas de las que constaría el trabajo. Se definieron sus dimensiones promedio, la disposición de conjunto, el tipo de piezas modulares de presentación y las técnicas implicadas en la ejecución de la muestra.

Las soluciones de carácter técnico, han partido de la realización de bocetos previos para orientar el desarrollo de las estructuras. Considerando que el material con el que se trabaja es de ardua manipulación, el diseño previo ha resuelto estos inconvenientes prácticos.

## Análisis de Módulos.

El tratamiento aplicado a cada una de las piezas se ha realizado considerando las variantes que resultan del uso de diferentes elementos modulares en la ejecución de las estructuras.

La forma de los materiales modulares que se utilizaron en la estructura, se calificaron como elementos sugestivos en la solución expresiva y como apoyo para registrar el esqueleto tridimensional de la obra.

Los materiales modulares que se utilizaron en la elaboración de las piezas fueron: hierro corrugado, platina, varilla lisa, lámina tubo cuadrado y varilla cuadrada.

### **Aplicaciones de técnicas de ejecución**

#### **Corte por pieza**

El corte se produjo en modalidades específicas para su ejecución, lo cual fue planificado de antemano. Se ejecutó de tres maneras: con soldadura, con pulidora y con sierra. Dependió del grosor del metal para escoger uno u otro método. Por lo general se utilizaron seguetas para metal con el fin de obtener cortes limpios.

#### **Aplicación de soldadura por arco**

La soldadura por arco fue fundamental en la ejecución de las estructuras proyectadas. Aparte de fusionar dos o más piezas, la aplicación de soldadura

permitió obtener diversos tipos de textura, las cuales se consideran como recurso independiente de la expresión plástica.

#### Pulido y texturizado

La aplicación de herramientas para pulir ha cumplido una doble función: limpieza de la estructura de restos de impurezas y la generación de texturas controladas. Para texturizar, los trabajos se sometieron a diversos procedimientos como parte de la investigación.

#### Moldeado

La acción de moldeado se ha ejercido de diferentes maneras, desde golpear y doblar, dilatación por calor hasta la presión directa con maquinaria. Esta acción ha permitido generar planos y volúmenes controlados, y observar el efecto de luz y sombra en la creación de la estructura.

#### Aplicación del color

En la aplicación del color se consideró obtenerlo de diferentes maneras, incluidos los obtenidos por textura.

El más simple de los procesos fue la aplicación de pintura industrial en la pieza, recubriéndola de una capa protectora. Otra forma utilizada fue dejar que la oxidación incidiera libremente sobre la superficie de la pieza y aplicándole posteriormente una capa de barniz. Se aplicaron alternativamente otros materiales como plásticos, y grasas. Otro tipo de revestimiento como el pavón o

el cromado fue sugerido en una de las piezas. Un recurso que se asoció al tratamiento por oxidación fue el bruñido y posterior barnizado de la estructura.

### **Exposición de piezas**

Lugar

Casa de la Cultura de la colonia Centroamérica, ubicada sobre la calle Gabriela Mistral # 535

Fecha

Jueves 26 de junio de 2003, 3:00 p.m.

Ambientación

Se expusieron 10 máscaras y se ambientó con un dibujo por bruñido en lámina y dos móviles desarrollados en lámina con el fin de ilustrar las cualidades del hierro como material de construcción escultórica.

### **Perspectivas de análisis e interpretación**

Análisis formal

- Nombre de la obra: máscaras

- Número de piezas: 10
- Autores
  - Ángel Iván Yash Núñez
  - Oscar Sosa
  - Luis Alfaro
- Dimensiones promedio: 40 cms. de altura
- Técnicas:
  - Soldadura por arco eléctrico y puntos de amarre, diversas de aplicación

de color y procesamiento mecánico

- Materiales:
  - Piezas modulares de hierro industrial: platina, lámina, tubo, varilla, alambón y ángulo.
- Descripción:
  - La obra consiste en un conjunto de piezas figurativas en hierro industrial. Es una colección secuencial en la que cada pieza está tratada técnicamente de diferente manera para exponer los diversos resultados que se obtienen con relación a la textura, el color, los planos la forma y los elementos compositivos.

#### Análisis conceptual

La obra es una alegoría a los estados emocionales del ser humano. En la síntesis maniquea de la cultura griega, todo se resumía a un estado de tragedia o comedia. Los matices de la emoción en las personas son mucho más complejos. La obra simboliza una hipotética secuencia ante un fenómeno incontrolable, donde las emociones y pasiones se desbordan. El uso del color

desnudo y transparentado refleja cierto pesimismo en la condición humana. Estas características se pueden observar en la siguiente serie de fotografías

**Máscara 1.**

Resuelta por medio de un vaciado en yeso y relleno de pequeñas piezas modulares. Las piezas que coronan la estructura son cromadas. La superficie fue recubierta con aplicaciones de pintura plateada y barniz.



**Máscara 2.**

Desarrollada a partir de una estructura básica. Fue construida con platina en sus rasgos más característicos, los contornos fueron cubiertos con

lámina. El penacho está compuesto por trozos de varilla cuadrada y varilla corrugada. Se aplicó barniz en la superficie.

### **Máscara 3.**

La estructura básica fue utilizada como soporte para adherir una pieza compuesta por pequeños elementos modulares creados en un molde. Se aplicó una capa de pintura en la superficie.



### **Máscara 4.**

Fue construida con platina y lámina para definir sus rasgos más característicos. El penacho está compuesto por tubo cuadrado deformado. La superficie fue tratada con betún y barniz.

### **Máscara 5.**

La  
recubierta con  
espacios vacíos  
contacto de  
pigmentos para  
tonalidades



estructura básica fue  
lámina. Algunos  
fueron producidos por  
electrodo, se aplicaron  
obtener diversas  
cromáticas.

### Agradecimientos

Al Museo Nacional de Antropología David J Guzmán por su colaboración en el desarrollo de nuestro proceso de graduación.

Ala Casa de la Cultura de la Colonia Centroamérica por su apoyo en la logística para presentar la exposición de nuestro trabajo de grado.

Al Licenciado Roberto Guzmán por su gentil labor de asesoría.

## Indice

1.	Presentación.....	3
1.1.	Enfoque .....	4
1.2.	Justificación.....	8
1.3.	Alcances y Limitaciones.....	9
1.4.	Objetivos .....	12
1.4.2.	Específicos.....	12
1.5.	Contexto General .....	13
2.	Marco Teórico.....	14
2.1.	Generalidades .....	14
2.2.	Antecedentes .....	17
2.2.1.	El Hierro Industrial .....	17
2.2.2.	Identificación de metales .....	19
2.2.3.	La soldadura por arco.....	26
2.3.	Base Teórica .....	28
2.3.1.	Conceptos básicos en la Escultura .....	28
2.3.2.	La Escultura en Hierro Industrial .....	31
2.4.	Definición operacional de Términos.....	33
3.	Método.....	36
3.1.	Planteamiento del Problema.....	36
3.1.1.	Descripción .....	36
3.1.2.	Elementos .....	36
3.1.3.	Formulación .....	37
3.2.	Hipótesis .....	37
3.2.1.	Descripción .....	37
3.2.2.	Tipo de Hipótesis .....	38
3.2.3.	Definición de Hipótesis.....	38

3.3.	Instrumentos de recolección de datos .....	40
3.3.1.	Descripción: .....	40
3.3.2.	Instrumentos: .....	40
3.3.3.	Escala de transferencia: .....	41
3.3.4.	Indicadores para el resultado de análisis .....	41
3.4.	Procedimientos .....	42
3.4.1.	Selección de la muestra y universo .....	43
3.4.2.	Recolección de datos .....	44
3.4.3.	Análisis de datos.....	45
4.	Resultados.....	46
4.1.	Características de las muestras.....	46
4.2.	Vaciado de datos .....	46
4.3.	Datos en gráficas .....	48
4.4.	Análisis de resultados .....	49
4.4.1.	Textura.....	49
4.4.2.	Color .....	51
4.4.3.	Volumen.....	53
4.4.4.	Composición .....	54
5.	Conclusiones y Recomendaciones .....	55
5.1.	Conclusiones.....	55
5.2.	Hallazgos .....	58
5.3.	Recomendaciones .....	59
5.4.	El futuro de la Escultura en Hierro .....	60
6.	Bibliografía.....	61
7.	Anexos.....	62
7.1.	Gráficas .....	62
7.2.	Ficha de identificación de Estructuras Metálicas Industriales .....	62
7.3.	Resumen de producción de muestras en el trabajo de grado .....	62