

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Gestión

Maestría en Administración de Empresas

**Reducción de los costos de producción en empresas orfebres
ecuatorianas con la utilización de la manufactura aditiva o impresión
en 3D caso: Talleres Tinta**

Mayra Elizabeth Ruiz Manosalvas

Tutor: Carlos Puente Guijarro

Quito, 2019



Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis de maestría

Yo, Mayra Elizabeth Ruiz Manosalvas, autora de la tesis intitulada “**Reducción de los costos de producción en empresas orfebres ecuatorianas con la utilización de la manufactura aditiva o impresión en 3d caso: Talleres Tinta**”. Mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magister en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha. _____

Firma: _____

Resumen

La impresión en 3D es considerada como parte de la llamada 4ta revolución industrial, una técnica de producción vanguardista que actualmente es muy poco explotada por la industria ecuatoriana y en particular en el sector orfebre. Los objetivos de la 4ta revolución están en gran medida alineados a combatir el cambio climático mediante el ahorro de energía no renovable; reducción del uso de plásticos y desperdicios, y fomento hacia la reutilización.

Por su parte, la orfebrería ecuatoriana utiliza técnicas antiguas y tradicionales como por ejemplo la fundición. Los talleres orfebres en el país son altamente rústicos con poca o nula tecnología y débil capacidad de desarrollo e innovación de diseños en función a tendencias internacionales. Parte de esta investigación es llegar a determinar una combinación de técnicas tradicionales con la impresión en 3D en el sector orfebre y la cuantificación del impacto en los costos de producción.

Para llegar a determinar si la impresión en 3D reduce los costos de producción en el sector orfebre, se realiza un levantamiento de los procesos de producción en Talleres Tinta y se determina los costos de producción actual. Al simular la introducción de la impresión en 3D en Talleres Tinta, se redefinen los procesos de producción y estiman los nuevos costos por gramo de plata producido. Producto del análisis que evidencia que la introducción de la tecnología 3D reduce el número de procesos de producción en el sector orfebre y como consecuencia, los costos de fabricación. En paralelo, se evidencian ventajas no solo en la reducción de costos, sino también en la calidad de los productos y ágil personalización de diseños sin incrementar los costos de producción.

El principal impacto colateral de la impresión en 3D en el sector orfebre es el desplazamiento de la mano de obra. Con la implementación de la impresión en 3D en los procesos productivos del sector joyero, los requerimientos de mano de obra se reduce en aproximadamente 52%. En adición, si bien el diseño e impresión en 3D reducen los costos de producción, el nivel de instrucción formal de gran parte de los orfebres del país constituye una barrera a la hora de introducir esta tecnología en el proceso productivo orfebre debido a que el diseño e impresión en 3D requieren un nivel de especialización que incluye gran cantidad de detalles y complejidad por la geometría de sus diseños.

Tabla de contenidos

Índice de tablas	11
Índice de gráficos.....	15
Introducción.....	17
Capítulo primero.....	21
Marco teórico.....	21
1. Ciencia y tecnología	21
2. La 4ta revolución industrial y la impresión en 3D	21
2.1. Conceptualización de la cuarta revolución.....	21
2.2. Tecnologías de la cuarta revolución	24
Capítulo segundo.....	27
Marco empírico.....	27
1. La impresión en 3D.....	27
1.1. Conceptualización general de la impresión en 3D	27
1.2. Historia de la impresión en 3D.....	27
1.3. Técnicas de impresión en 3D.....	28
1.4. Principales empresas que venden impresoras 3D y prestan este servicio.	28
1.5. Usos, ventajas y limitaciones de la impresión en 3D.....	29
1.5.1. Principales usos de la impresión en 3D.	29
1.5.2. Ventajas del uso de la impresión en 3D.....	30
1.5.3. Limitaciones del uso de la impresión en 3D.....	31
1.6. Problemática de la impresión en 3D.....	31
1.7. Actualidad en el sector 3D.....	33
2. La impresión en 3D en la joyería.....	34
2.1. Ventajas de la impresión en 3D en la joyería	35
2.2. Herramientas 3D de diseño para joyería	36

2.3. La Joyería en el mundo, datos: empresas, mercados	38
2.3.1. Tendencias que afectan al sector joyero	38
2.3.2. Estadística sobre el consumo de joyería a nivel mundial	40
3. La Joyería en Ecuador	42
3.1. Datos generales sobre el sector orfebre en el Ecuador	42
3.1.1. Estadísticas sobre el sector artesanal y joyero en el Ecuador	42
3.1.2. Categorización CIIU para el sector joyero	44
3.1.3. Ventas del sector joyero en el Ecuador	46
3.1.4. Ciudades con mayor participación en el sector joyero	48
3.2. Situación artesanal en el Ecuador	49
3.3. FODA para el sector joyero ecuatoriano	51
3.4. Situación financiera de las empresas del sector orfebre del país	52
3.4.1. Activos del sector orfebre del país	53
3.4.2. Ventas del sector orfebre del país	56
3.4.3. Costos y gastos del sector orfebre del país	60
3.4.4. Resultados del sector orfebre del país	61
3.4.5. Análisis de los componentes de los costos y gastos por año.	62
3.4.6. Componentes del costo de ventas en el sector joyero.	62
3.4.7. Componentes de los gastos en el sector joyero.	62
3.5. Indicadores Financieros Generales del Sector	70
3.6. Análisis entorno país que podría provocar las pérdidas del sector y análisis de competitividad actual	73
3.7. Análisis de ventas del país en los últimos años	76
Capítulo tercero	79
Análisis de los costos de producción actuales y determinación de los costos de producción mediante la utilización de la impresión 3D de Talleres Tinta	79
1. Estructura organizacional y entendimiento del negocio de Talleres Tinta	79
2. Información financiera de Talleres Tinta	85

3.	Proceso productivo de joyería de Talleres Tinta, con cera perdida o micro fusión (proceso actual).....	88
4.	Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – con impresión 3D.....	111
5.	Comparación procesos y costos con el método tradicional y con impresión 3D.....	116
6.	Comparación de los requerimientos de activos fijos para una producción tradicional y con impresión 3D.....	123
7.	Comparación de los ingresos con el método tradicional y con impresión 3D.....	124
8.	Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).....	125
	Conclusiones y recomendaciones.....	129
1.	Conclusiones.....	129
2.	Recomendaciones.....	131
	Bibliografía.....	133

Índice de tablas

Tabla 1	Empresas que venden impresoras 3D.....	29
Tabla 2	Establecimientos de artesanías y joyas en el Ecuador 2010.....	42
Tabla 3	Ingresos generados: artesanías y joyas 2010.....	42
Tabla 4	Exportaciones mundiales de Joyas. En miles (2007).....	43
Tabla 5	Datos generales sobre investigación y capacitación en el ramo: Joyería.....	44
Tabla 6	Clasificación Nacional de Actividades Económicas por CIU.....	46
Tabla 7	Ingresos por ventas según tamaño de empresa (millones US\$).....	47
Tabla 8	Actividades CIU de mayor relevancia en este segmento C32.....	47
Tabla 9	Análisis FODA Joyería y Bisutería en Ecuador.....	51
Tabla 10	Valor de activos del sector joyero por actividad económica, en US\$.....	55
Tabla 11	Empresas con mayor participación de activos en el ramo de joyería 2017.....	56
Tabla 12	Empresas con mayor participación en ventas en el ramo de joyería, 2015-2017	58
Tabla 13	Empresas con mayor pérdida reportada en el año 2017.....	62
Tabla 14	Desglose de los componentes del costo de ventas en el sector joyero.....	65
Tabla 15	Movimiento de inventario acumulado 2015-2017 no producidos por el sujeto pasivo.....	66
Tabla 16	Detalle de empresas por actividad en el sector joyero, 2015-2017.....	67
Tabla 17	Costo de ventas bienes producidos y bienes producidos por otros, 2015-2017	67
Tabla 18	Principales empresas que únicamente producen joyas, 2015-2017.....	68
Tabla 19	Principales empresas que producen joyas y también comercializan productos de terceros, 2015-2017.....	68
Tabla 20	Componentes de los gastos en el sector joyero.....	69
Tabla 21	Índice de rentabilidad, 2015-2017.....	70
Tabla 22	Return of equity (ROE), 2015-2017.....	70
Tabla 23	Resultado operacional, 2015-2017.....	71
Tabla 24	Ratio de garantía estructural.....	71
Tabla 25	Eficiencia en la utilización del activo.....	72
Tabla 26	Rentabilidad en ventas, 2015-2017.....	72
Tabla 27	Margen bruto.....	72

Tabla 28 Ubicación del Ecuador en el Informe de Competitividad Global, 2012-2017	75
Tabla 29 Componentes de la evaluación de competitividad 2018	75
Tabla 30 Reporte de ventas del país en US\$, 2012-2017	77
Tabla 31 Comparación de ventas en los últimos años por tipo de empresa	77
Tabla 32 Productos fabricados en joyería al mes en Talleres Tinta	82
Tabla 33 Reporte de ingresos, costos y gastos de Talleres Tinta, en US\$, 2012-2018..	86
Tabla 34 Ranking, mejores años de venta de Talleres Tinta, en US\$, 2012-2017.....	86
Tabla 35 Variación de ventas entre los años 2012 y 2017, en US\$, en Talleres Tinta ..	87
Tabla 36 Resumen de costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, sin el apoyo de la impresión en 3D	90
Tabla 37 Costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, por proceso.....	91
Tabla 38 Cálculo para determinar el costo de diseño por gramo de plata producido.....	92
Tabla 39 Cálculo para determinar los costos indirectos prorrateados para cada proceso, actual.....	93
Tabla 40 Cálculo para determinar el costo de modelado en cera por gramo de plata producido	94
Tabla 41 Cálculo para determinar el costo de la creación del árbol de cera, por gramo de plata producido	95
Tabla 42 Cálculo para determinar el costo del proceso de revestimiento del prototipo, por gramo de plata producido	97
Tabla 43 Cálculo para determinar el costo del proceso de horneado del prototipo, por gramo de plata producido	99
Tabla 44 Cálculo para determinar el costo del proceso de fundición de plata y vaciado del prototipo, por gramo de plata producido	100
Tabla 45 Cálculo para determinar el costo del proceso de acabado del prototipo, por gramo de plata producido	102
Tabla 46 Cálculo para determinar el costo del proceso de bonificación a los obreros en plata, por gramo de plata producido	104
Tabla 47 Cálculo para determinar el costo del proceso de vulcanizado, por gramo de plata producido	105
Tabla 48 Cálculo para determinar el costo del proceso de elaboración del presupuesto, por gramo de plata producido.....	106

Tabla 49 Cálculo para determinar el costo de distribución de material, por gramo de plata producido	107
Tabla 50 Cálculo para determinar el costo del proceso de inyección en cera, por gramo de plata producido	109
Tabla 51 Determinación del precio de venta por gramo de joya producido, utilizado por Talleres Tinta.....	110
Tabla 52 Cálculo para determinar el costo del proceso de diseño en 3D, por gramo de plata producido	112
Tabla 53 Cálculo para determinar los costos indirectos prorrateados para cada proceso, con impresión 3D	113
Tabla 54 Empresas líderes en la fabricación de impresoras 3D para joyería	113
Tabla 55 Relación entre el costo de la impresora en 3D y el material de impresión ...	114
Tabla 56 Costos del proceso de impresión en 3D, por gramo de plata producido	114
Tabla 57 Comparativo del costo unitario por gramo de joya producido tradicionalmente vs. con impresión 3D.....	118
Tabla 58 Estimación de la máxima inversión para la adquisición de una impresora 3D para Talleres Tinta.....	118
Tabla 59 Comparativo del margen de utilidad con la producción actual y con impresión 3D	118
Tabla 60 Comparativo de minutos por gramo de joya producido bajo el método tradicional y con impresión 3D	119
Tabla 61 Comparativo de la capacidad de producción actual y con impresión en 3D.	119
Tabla 62 Comparativo de costos de mano de obra bajo la producción tradicional vs. producción con impresión 3D.....	120
Tabla 63 Resumen de costos y minutos por gramo de joya de plata producido, con apoyo de la impresión en 3D	120
Tabla 64 Resumen de costos y minutos por proceso por gramo de plata producido con impresión 3D	121
Tabla 65 Comparativo de costos de producción con otras impresoras 3D de diferente costo de adquisición	121
Tabla 66 Comparativo general de costos de producción por proceso bajo el método de producción actual e impresión 3D	122
Tabla 67 Comparativo de activos fijos requeridos en el proceso de producción actual y con impresión 3D	123

Tabla 68 Detalle de equipos utilizados en el proceso de producción actual y con impresión en 3D, en US\$.....	124
Tabla 69 Comparación de los ingresos con el método tradicional y con impresión 3D	124
Tabla 70 Estimación de tiempo de recuperación de la inversión en la impresora 3D..	125
Tabla 71 Cálculo de la tasa de costo de capital promedio ponderado – CCPP	127
Tabla 72 Estimación flujos futuros – nuevo taller orfebre sin impresión 3D.....	127
Tabla 73 Estimación flujos futuros – nuevo taller orfebre con impresión 3D	127
Tabla 74 Estimación flujos futuros – compra de impresora 3D para un taller operativo	128

Índice de gráficos

Gráfico 1 Evolución de las revoluciones industriales	22
Gráfico 2 Aplicaciones de la impresión en 3D.....	30
Gráfico 3 Joyas de marca y sin marca	39
Gráfico 4 Consumo de joyería mundial 2016, por país.....	41
Gráfico 5 Participación por regiones en las exportaciones mundiales de joyas (2007)	43
Gráfico 6 Cadena de valor joyería ecuatoriana	44
Gráfico 7 La estructura jerárquica general de la CIIU – Revisión 4	45
Gráfico 8 Promedio participación en "Otras industrias manufactureras".....	48
Gráfico 9 Ventas anuales (en millones) por CIIU	48
Gráfico 10 Participación ingresos por venta por ciudad: C32.....	49
Gráfico 11 Número de empresas por año y CIIU	53
Gráfico 12 Activos del sector orfebre 2015-2017	53
Gráfico 13 Porcentaje de participación de los activos por actividad sobre en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos 2015 - 2017	54
Gráfico 14 Evolución ventas en el ramo joyería 2015-2017	57
Gráfico 15 Ventas acumuladas de los años 2015-2017 por sub-actividad	57
Gráfico 16 Ventas de las principales empresas del sector joyero del país, 2015-2017.	59
Gráfico 17 Provincias con mayor participación en ventas de joyería, 2015-2017	59
Gráfico 18 Costos y gastos del sector orfebre de los años 2015-2017	60
Gráfico 19 Ventas vs. costos y gastos de los periodos 2015-2017.....	61
Gráfico 20 Reporte de pérdidas en el sector orfebre en los periodos 2015-2017.....	61
Gráfico 21 Costos y gastos acumulados 2015-2017.....	62
Gráfico 22 Costo de ventas y gastos anuales 2015-2017	63
Gráfico 23 Evolución del costo de ventas y gastos por año 2015-2017.....	63
Gráfico 24 Crecimiento del salario mínimo unificado, 2008-2018.....	73
Gráfico 25 Impacto por incrementos salariales en el estado de resultados	74
Gráfico 26 Resultados del informe anual de competitividad para Ecuador en el 2018.	76
Gráfico 27 Ventas totales por tamaño de empresa, 2012-2017	77
Gráfico 28 Trayectoria artesanal de Talleres Tinta	79
Gráfico 29 Proceso de trabajo con el pintor Oswaldo Guayasamín	80
Gráfico 30 Organigrama estructural actual de Talleres Tinta	81

Gráfico 31	Porcentaje de productos fabricados y número de piezas producidas	82
Gráfico 32	Porcentaje por tipo de productos fabricados en joyería al mes	83
Gráfico 33	Joya de plata producida	83
Gráfico 34	Principales clientes de Talleres Tinta.....	84
Gráfico 35	Principales competidores de Talleres Tinta.....	85
Gráfico 36	Tendencia de ingresos, gastos y utilidades en Talleres Tinta, 2012-2017 ..	87
Gráfico 37	Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – actual (tradicional)	89
Gráfico 38	Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – con impresión 3D	111
Gráfico 39	Comparación procesos y costos con el método tradicional y con impresión 3D	117

Introducción

Planteamiento del Problema

La impresión en tres dimensiones, más conocida como impresión en 3D, constituye una nueva forma de producir bienes. La impresión en 3D, conocida también como manufactura aditiva y prototipado rápido, es un proceso que permite que un objeto se fabrique a partir de datos digitales sin que el bien a producir forme parte de un largo proceso de producción (método convencional de producir bienes). Una impresora en 3D es capaz de crear un modelo físico y real a partir de una imagen digital.

En una reciente investigación llevada a cabo por la prestigiosa firma multinacional Ernst & Young, en el año 2016, se reveló datos económicos sobre esta nueva tecnología. El pronóstico global de crecimiento es del 25% hasta el 2020. Entre los años 2011 y 2015, la industria de la impresión en 3D creció un 28%. El 26% de las empresas encuestadas a nivel mundial tiene experiencia con la impresión en 3D, un porcentaje que asciende al 37% en el caso de las empresas alemanas, y al 16% en Estados Unidos. No existen datos disponibles para Sudamérica. El principal factor que impide la expansión en nuestra región (implícito el Ecuador), según el artículo, es la falta de competencia y escasa información (Ernst&Young, 2016).

Actualmente en el país ya existen emprendimientos que prestan el servicio de impresión en 3D y venta de impresoras 3D. A través de una búsqueda rápida en Google, se puede identificar a aproximadamente 10 páginas web en el país que están asociadas a la venta de impresoras 3D o al servicio de impresión en 3D.

En el país no existe un aprovechamiento completo de la impresión en 3D en la industria; como consecuencia, la impresión 3D no es parte de producción, por ejemplo: en la fase de diseño; con la creación de prototipos, en el mantenimiento de maquinaria; en la fabricación de repuestos temporales o permanentes, en la fabricación de moldes o matrices, e inclusive en la creación de piezas o productos finales.

Por otro lado, los talleres orfebres en el país son altamente rústicos con poca o nula tecnología y débil capacidad de desarrollo e innovación de diseños en función a tendencias internacionales. Parte de esta investigación es llegar a determinar una combinación de procesos tradicionales de orfebrería con la impresión en 3D y la cuantificación del impacto en los costos de producción.

Justificación

La tecnología en 3D permite mejorar el nivel competitivo del sector orfebre en el Ecuador debido a la directa reducción de los costos en la fase diseño de los productos y la obtención de productos finales de alta calidad. Al utilizar esta tecnología, el producto es preciso y exacto porque el objeto es un claro reflejo del diseño digital. Además, que con la impresión en 3D se puede generar prototipos de los diferentes diseños y que permite la identificación oportuna de problemas de los productos antes de fabricación. Muchas pérdidas se generan en las orfebrerías por no evaluar de forma exhaustiva el diseño de sus productos.

A diferencia de un proceso regular de fabricación, con la impresión en 3D, la complejidad en el diseño del producto no aumenta el costo de bien a fabricar. Bajo el método convencional, existen muchas limitaciones de producción; por ejemplo, se necesitarían varios procesos de producción para obtener un producto final como el de un anillo de diseño complejo. Con apoyo de la impresión en 3D, este proceso se simplifica.

Finalmente, Talleres Tinta es una orfebrería nacional localizada en la ciudad de Quito y cuenta con más de cincuenta años de experiencia en el país. Sin embargo, con el incremento de la globalización, la producción a escala y las importaciones en el país, la actividad del sector orfebre se ha visto amenazada. Talleres Tinta ha apostado por una estrategia de diferenciación para mantenerse en el mercado. Actualmente su interés es analizar las posibles utilidades de la impresión en 3D en sus procesos de producción, y el impacto es sus costos.

Pregunta central

¿Cómo la introducción de la impresión en 3D reduce los costos de producción de Talleres Tinta?

Objetivos**General**

- Determinar cómo la introducción de la impresión en 3D, en los procesos de producción de Talleres Tinta, impacta en la estructura de costos de producción actuales.

Específicos

- Describir a las revoluciones industriales y avances tecnológicos hasta la denominada “cuarta revolución industrial” que incluye a la impresión en 3D.
- Analizar y conceptualizar a la impresión en 3D y su aplicación en el sector joyero.
- Identificar los procesos y costos de producción actuales de Talleres Tinta; sin la utilización de la impresión en 3D.
- Determinar los procesos que utilizarían a la impresión en 3D, como parte del proceso de producción de Talleres Tinta, y los costos asociados a la utilización de esta tecnología.
- Comparar los costos de producción actuales con los potenciales costos que se incurriría con la utilización de la impresión en 3D en los procesos de producción de Talleres Tinta.
- Preparar recomendaciones en los procesos de producción de Talleres Tinta tendientes a disminuir los costos de producción con la utilización de la tecnología 3D.

Conceptos clave

Impresión en 3D, diseño digital, prototipo, orfebrería, costos de producción.

Metodología de la investigación

- **Caracterización del estudio.**

Esta investigación es de carácter descriptiva, a través del uso de data cualitativa y cuantitativa, que busca determinar cómo la utilización de la impresión en 3D reducirá los costos de producción de Talleres Tinta, una orfebrería local que actualmente no utiliza esta tecnología.

Capítulo primero

Marco teórico

1. Ciencia y tecnología

Para Alan Chalmers, “la idea del conocimiento científico es especial por cuanto se apoya en la experiencia de manera particularmente exigente y convincente” (Chalmers, 2000). Según la Real Academia de la Lengua Española, el término la ciencia es el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente” Mientras que la tecnología es un “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.” Dicho en otras palabras, la tecnología no es más que la ciencia aplicada.

Por su parte el surgimiento de la ciencia investigativa en siglos pasados, principalmente en Europa, crearon un entorno para el desarrollo de la tecnología que conocemos hoy día. Sin embargo, persiste un problema que no se ha logrado mitigar, esto es que muy pocas naciones realmente han dominado el arte de gestionar la innovación, que es la manera de institucionalizar los avances científicos y tecnológicos para acelerar el crecimiento económico y empoderar los gobiernos (Betz, 2019).

Esta tesis abarca conceptos y conocimientos tecnológicos como la impresión en 3D, pero al mismo tiempo técnicas antiguas y conocimientos empíricos como la orfebrería. El propósito de esta investigación es buscar un punto de convergencia entre las todas fuentes de información; una de carácter tradicional y otra que nace producto de la investigación, ciencia.

2. La 4ta revolución industrial y la impresión en 3D

2.1. Conceptualización de la cuarta revolución

Según el libro: “Industria 4.0, Fabricando el Futuro”, la cuarta revolución es un término que surgió en Alemania alrededor del año 2011, por un grupo de especialistas multidisciplinares convocados por el gobierno alemán para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera y se caracteriza en principio por la informatización y transformación digital (Basco, Beliz, Diego, & Garnero, 2019).

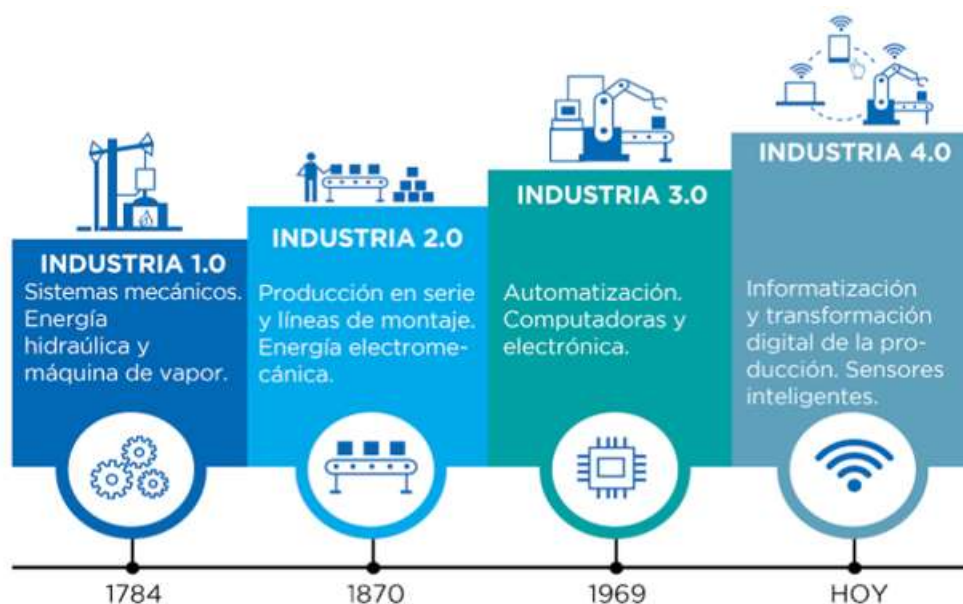
Para comprender a la 4ta revolución es necesario recordar las revoluciones anteriores. De inicio, una revolución es considerada como un “cambio abrupto y radical que cambia la forma en cómo viven las personas,” (Schwab, 2016). La forma más

evidente de una revolución se genera cuando nuevas tecnologías y formas de percibir al mundo desencadenan profundos cambios en el sistema económico y estructura social.

La primera revolución fue agraria y ocurrió hace más de 10,000 años he hizo posible la domesticación de animales. La revolución agraria combinó los esfuerzos de los animales con las del humano e hizo posible una combinación de actividades y esfuerzos que permitieron la producción agrícola y el transporte. Esta revolución no puede ser considerada industrial debido a la no intervención de las máquinas, de todas formas, la historia y éxito de las revoluciones industriales no pueden ser contadas si no se menciona a la agrícola que perduró durante miles de años (Schwab, 2016).

En el libro *Trouble in the making?* de Mary Hallward – Driemeir Gaurav Nayar, publicado por el Banco Mundial en el 2018, se resume mediante una gráfica las principales revoluciones industriales de la sociedad:

Gráfico 1
Evolución de las revoluciones industriales



Fuente: *The Trouble in the Making? The Future of Manufacturing – Led Development*, Banco Mundial.

Elaboración: Adaptación a español tomado del libro *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*.

La primera revolución industrial se desarrolló entre 1760 y 1840, aproximadamente, marcada principalmente por el desarrollo de vías de ferrocarril y la invención de la máquina de vapor que marcó el comienzo de la producción mecánica. La segunda revolución industrial inició a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX que hizo posible la producción en masa fomentada por el advenimiento de la electricidad; sin

embargo, en la actualidad cerca de 17% de la población mundial (cerca de 1.3 billones de personas) aún carecen de electricidad. La tercera revolución industrial empezó a inicios del de década de los 90, conocida como la revolución digital marcada por la presencia del computador y el internet, pero más de la mitad de la población del mundo, alrededor de 4 billones de personas, aún no cuentan con acceso a este servicio (Schwab, 2016). Comparada con las revoluciones anteriores, se espera que la denominada cuarta revolución industrial se propague con mayor rapidez que las anteriores, pese a que la segunda y tercera revolución no se encuentra totalmente adoptada por la población.

Por su parte, Angang Hu en su libro *China: Innovative Green Development*, publicada en el 2017, describe a la 4ta Revolución como una respuesta a los excesos de las anteriores revoluciones industriales y señala: “Esta nueva tecnología promoverá cambios significativos en la estructura de la industria energética, liderando un incremento sustancial del uso de energía no fósil y disminuyendo el uso de energía fósil. Ésta también promoverá el progreso rápido y el amplio uso de tecnologías con energía limpia y renovable.”

Klaus Schwab, fundador y ejecutivo del Foro Económico Mundial, en su libro *The Fourth Industrial Revolution*, publicado en el año 2016, sustenta que la cuarta revolución ofrece oportunidades significativas que se traducen en lograr obtener ganancias y eficiencia en el uso de recursos, principalmente por:

- Primero, establece que a través del uso del *IoT* (por sus siglas en inglés) o internet de las cosas, es posible rastrear cómo la energía y los materiales fluyen y circulan. Y al conocer los patrones de uso de los usuarios, se ahorran millones de dólares por desperdicio de recursos evitados. Estima que para el 2020, esta tecnología permita reducir la emisión de CO₂ en aproximadamente 9.1 billones de toneladas.
- Segundo, el uso de los *blockchains* permitirá que las sociedades sean más democráticas y transparentes.
- Tercero, la nueva información y la creciente transparencia pueden ayudar a cambiar el comportamiento de los ciudadanos a gran escala.
- Cuarto, las nuevas formas de negocios y de organización, permitirá mejorar la economía y la sociedad por ejemplo a través de la reutilización de materiales.

Klaus Schwab señala: “Soy muy consciente de que algunos académicos y profesionales consideran la evolución que estoy analizando simplemente parte de la

tercera revolución industrial. Hay tres razones que, sin embargo, sostienen mi convicción de que una cuarta y distinta revolución está en marcha.” Estas tres razones se sintetizan a continuación:

- La velocidad con la que esta tecnología está evolucionando es “exponencial”; nueva y cada vez más rápida.
- Combina muchas tecnologías que a su vez cambia la forma de ver los negocios, la sociedad y las personas
- Tiene un impacto profundo en los sistemas: “Se trata de la transformación de sistemas complejos entre (y dentro de) los países, las empresas, las industrias y la sociedad en su conjunto.”

2.2. Tecnologías de la cuarta revolución

De acuerdo con una reciente publicación realizada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) de más de 400 hojas, titulada *The Next Production Revolution* y emitida en septiembre de 2017, la cuarta revolución es un hecho ineludible por la confluencia de varias tecnologías: la tecnología digital como por ejemplo la impresión en 3D, internet de las cosas, robótica avanzada; nuevos materiales adaptables y flexibles con el entorno; y la inteligencia artificial. Debido a que estas tecnologías están transformando la forma de producir bienes, como consecuencia también están cambiando las formas de empleo, las habilidades de un empleado, el medio ambiente, los hábitos y el bienestar de las personas; a su vez, estas tecnologías, está dando paso a la creación cada vez más frecuente de fábricas inteligentes “*smart factories*.” Se espera que el dominio de estas tecnologías en las industrias genere producciones con menor impacto al ambiente (*greener production*), empleos cada vez más seguros por la utilización de robots para tareas peligrosas, personalización de productos y servicios, y rápido crecimiento de la productividad (OCDE, 2017).

Klaus Schwab, autor del libro *The Fourth Industrial Revolution* publicado en el 2016 con auspicio del Foro Económico Mundial, divide a las diferentes tecnologías que conforman la cuarta revolución en 3 mega tendencias:

1. Físicas, caracterizadas por avances tecnológicos tangibles:
 - i. Vehículos autónomos
 - ii. Impresión en 3D
 - iii. Robótica avanzada

iv. Nuevos materiales

2. Digital, representada por la denominada IoT (por sus siglas en inglés) o internet de las cosas. En una forma simple, esta tecnología se describe como la relación existente entre las cosas (productos, servicios, lugares, etc.) y las personas que es posible gracias a varias plataformas y conexiones. Cada vez más, sensores pequeños, baratos e inteligentes están siendo instalados en hogares, en la vestimenta, accesorios, ciudades, y redes de transporte.
3. Biológico, principalmente genético. En los últimos años se ha logrado un progreso considerable de la reducción del costo y aumento de la secuencia genética y últimamente en la activación y edición de genes. Por ejemplo, prueban la forma en que las variaciones genéticas específicas generan rasgos y enfermedades particulares.

Capítulo segundo

Marco empírico

1. La impresión en 3D

1.1. Conceptualización general de la impresión en 3D

La impresión en tres dimensiones, más conocida como impresión en 3D, constituye una nueva forma de producir bienes. La impresión en 3D, conocida también como manufactura aditiva y prototipado rápido, es un proceso que permite que un objeto se fabrique a partir de datos digitales sin que el bien a producir forme parte de un largo proceso de producción (método convencional de producir bienes). Una impresora en 3D es capaz de crear un modelo físico y real a partir de una imagen digital.

Una impresión en 3D parte de un boceto digital creado con el apoyo de un diseño asistido por el computador conocido como diseño CAD (por sus siglas en inglés) (Ian Gibson, 2015). El diseño digital en tres dimensiones es creado generalmente por un experto en el manejo de herramientas como, por ejemplo: AutoCAD, Inventor, SolidWorks, Solid Edge, 123D, 3D Splash, ThinkerCAD y Meshmixer. Actualmente existen organizaciones que ofertan productos ya diseñados en tres dimensiones en línea en el internet como por ejemplo Shapeways y DEFCAD (Peacock, 2014).

1.2. Historia de la impresión en 3D

El inicio de la impresión en 3D se remonta al año 1952 cuando Kojima demostró las ventajas de fabricación por capas. En 1967 Swainson registra una patente en Estados Unidos para un sistema de endurecimiento de resina por láser. En 1984, Charles Hull fundador de la Compañía 3D Systems, inventó y patentó el proceso de impresión en 3D y registra la famosa patente número 4575330 de utilización de la estereolitografía (una tecnología láser que emplea una resina líquida sensible a la luz UV, un rayo láser UV escanea la superficie de la resina y endurece de forma selectiva el material correspondiente a la sección cruzada del producto, de forma que la pieza 3D se crea desde abajo hacia arriba), y fue la primera vez que un usuario podía generar objetos físicos a partir de datos digitales (Kai & Fai, 2014). En 1987, fue lanzada comercialmente la primera impresora 3D en los Estados Unidos por la mencionada Compañía.

En 1988, se crea la empresa Stratasys de la mano de Scott y Lisa Crump. En 1989 Stratasys empiezan a popularizar el modelo de deposición fundida (FDM, por sus siglas

en inglés). Esta técnica consiste en depositar material fundido, capa por capa, a través de una cabeza móvil de extrusión que diluye el material y crea el objeto físico. En 1990, la impresión en 3D es utilizada para la fabricación de moldes. En el año 2000, la fabricación aditiva se utiliza para elaborar piezas de producción. En 2009, se crea las primeras máquinas de escritorio y comercialmente conocida como MakerBot. En el 2011 se vendieron 15,000 impresoras a nivel mundial (Berchon & Bertier, 2016). En el 2017, se vendió aproximadamente 500,000 impresoras 3D y vendió aproximadamente 7 billones de dólares en todo el mundo según el reporte Wholers Report del año 2018 (expertos en impresión en 3D que anualmente realizan publicaciones especializadas a nivel mundial) estudio que se hizo público a través de la revista Forbes publicada el 4 de junio de 2018. El estudio también revela que existe un incremento significativo en el uso de la impresión de metal, un 80% de incremento frente al año 2016.

1.3. Técnicas de impresión en 3D

Las técnicas de impresión en 3D han ido evolucionando desde el siglo pasado. A continuación, se detallan las principales técnicas de impresión en 3D (Kalpakjian & Schmid, 2007) actuales:

- a. La técnica de impresión en 3D que utiliza resina como materia prima, se llama estereolitografía. La resina que es un material líquido que se solidifica mediante un láser con luz ultravioleta, conocida también como DLP (*Digital Light Processing*).
- b. El modelo de deposición fundida utiliza plástico. La impresora en 3D diluye el material y la capa de plástico se solidifica a temperatura ambiente. Esta técnica es conocida como FDM, por sus siglas en inglés (*Fused Deposition Modelling*).
- c. El polvo de metal es otro de los materiales que se utiliza en el proceso de impresión en 3D. La técnica curiosamente se llama modelado láser.
- d. Existen otras técnicas que utilizan otros materiales como cera, arena, polvo de cerámica, papel, polvo de titanio, polvo de aluminio, entre otros.

1.4. Principales empresas que venden impresoras 3D y prestan este servicio.

A lo largo de los últimos 20 años se han ido incorporando al sector otras empresas que actualmente ya cotizan en las diferentes bolsas del mundo (Aspan, 2018):

Tabla 1
Empresas que venden impresoras 3D

No.	Nombre	Bolsa	Precio de la acción	Tipo de operación
1	<i>3D System</i>	<i>Nyse</i>	12.33	Servicios de impresión en 3D y venta de impresoras 3D, incluyendo venta de materiales y repuestos y diseño 3D.
2	<i>ExOne</i>	<i>Nasdaq</i>	6.40	Producción y venta de impresoras 3D
3	<i>HP, Inc</i>	<i>Nyse</i>	22.07	Producción y venta de impresoras 3D
4	<i>Materialize</i>	<i>Nasdaq</i>	12.43	Desarrollo de software y servicio de impresión en 3D.
5	<i>Nano Dimension</i>	<i>Nasdaq</i>	1.38	Venta de partes electrónicas para impresoras 3D.
6	<i>Organovo</i>	<i>Nasdaq</i>	1.95	Impresión de tejido humano para el sector médico.
7	<i>Protolabs</i>	<i>Nyse</i>	119.60	Impresión en 3D con 3 tipos de materiales
8	<i>Stratasys</i>	<i>Nasdaq</i>	19.87	Fabricación y venta de impresoras 3D, de reconocidos productos como: MakerBot, Polyjet, Solidscape.

Fuente: Investing new, 10 Top 3D Printing Companies de 2018

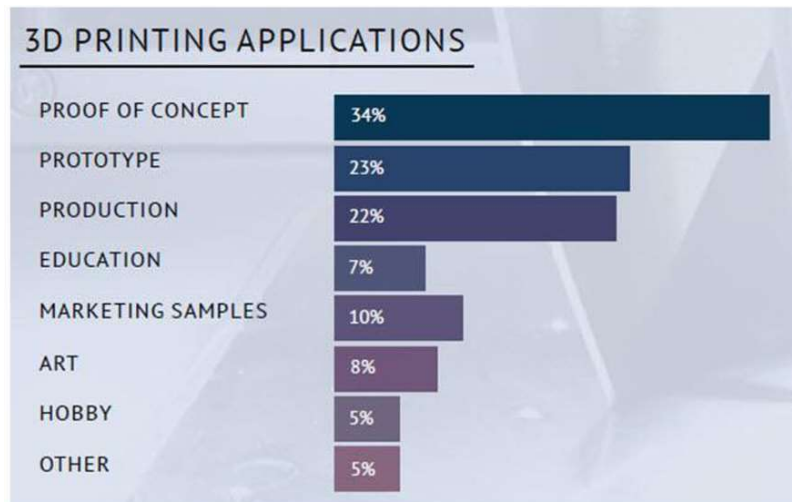
Elaboración: Resumen y adaptación Mayra Ruiz

1.5. Usos, ventajas y limitaciones de la impresión en 3D.

1.5.1. Principales usos de la impresión en 3D.

La cuarta revolución ha hecho posible el incremento de nuevos productos y servicios que aumentan la eficiencia de los consumidores sin ningún costo adicional. Uno de ellos es la impresión en 3D. Actualmente la impresión en 3D está siendo utilizada en varios campos, y en una encuesta realizada en el 2017 por la empresa Sculpeo, experta en tecnología 3D, el 90% de las empresas encuestadas consideran a la impresión en 3D como una ventaja competitiva en sus estrategias de negocio. El mismo estudio publicado en la revista Forbes del 23 de mayo de 2017, revela que los principales usos de la tecnología 3D, son los siguientes (Columbus, 2017):

Gráfico 2
Aplicaciones de la impresión en 3D



[HTTPS://WWW.SCULPTEO.COM/EN/GET/REPORT/STATE_OF_3D_PRINTING_2017/](https://www.sculpteo.com/en/get/report/state_of_3d_printing_2017/)

Fuente y elaboración: Sculpteo, reporte de impresión en 3d 2017, www.sculpeo.com

1.5.2. Ventajas del uso de la impresión en 3D

Las principales ventajas de la impresión en 3D se resumen a continuación:

- Con el método de sustracción o extracción, se pierde gran cantidad de materiales; todo lo que se extrae de una pieza con un torno o una fresadora termina como desperdicio. Con la impresión en 3D, se utiliza lo que se necesita. Inclusive, existen varias técnicas de ahorro como por ejemplo la impresión en 3D al vacío; que no es más que configurar el sistema de impresión de tal manera que en lugar de construir una estructura interior sólida al interior del objeto, ésta quede vacía (Vazhnov, 2013).
- En el desarrollo de nuevos productos existe la necesidad de producir un ejemplo o prototipo de la parte a producir, antes de que se invierta altas sumas de dinero en nuevas líneas de producción y ensamble. Con el proceso tradicional de producción un prototipo era creado manualmente, por ejemplo, las maquetas en el caso de los arquitectos y las dentaduras en el caso de los odontólogos. Con la impresión en 3D, este proceso ahora es preciso y automático.
- La complejidad en el diseño del producto no aumenta el costo de bien a fabricar. Bajo el método convencional, existen muchas limitaciones de producción. Se necesitarían varios procesos de producción para obtener un producto final como por ejemplo un anillo de un diseño complejo. Con la tecnología en 3D, el proceso se reduce a uno.
- La personalización de objetos es una ventaja usualmente explotada por joyeros y diseñadores de objetos exclusivos como los elaborados por escultores y aficionados.

1.5.3. Limitaciones del uso de la impresión en 3D

También existen algunas limitaciones o desventajas de la impresión 3D que son momentáneas, y actualmente éstas son: el alto costo de impresión, poca disponibilidad de materiales, y el tiempo de demora de impresión.

Aunque existen autores que pronostican el fin de la producción en escala por la aparición de la tecnología en 3D y la formación de una nueva etapa productiva, similar a la revolución industrial del siglo XVIII (Petrick & Simpson, 2015); lo cierto es que aún no se ha logrado mitigar la debilidad más importante del proceso de impresión en 3D, que es el tiempo. Esta desventaja, así como el alto costo de impresión, todavía no permite el uso de la impresión en 3D en la producción masiva (Vazhnov, 2013). Por ejemplo: el tiempo de fabricación a gran escala de una botella toma segundos; con la impresión en 3D la impresión de una botella toma entre cinco y ocho horas. En el sector orfebre, por ejemplo, la impresión en 3D se destaca principalmente porque permite la personalización de los diseños y la reducción de procesos de producción.

1.6. Problemática de la impresión en 3D

Primero, en el libro *Issues in environmental science and technology: waste as a resource*, escrito por Hester & Harrion en el 2013 se detallan algunas problemáticas destacadas de la impresión en 3D. En este libro se señala que el material más utilizado a nivel mundial para la impresión en 3D es el plástico. Esta materia prima a su vez se oferta en el mercado a través de dos tipos de plástico: PLA o ácido poli láctico y ABS o acrilonitrilo butadieno estireno. Al ser un material con características muy particulares, la producción de filamentos utiliza una gran cantidad de recursos por los diferentes procesos de producción por el que se somete el material; sin embargo, estos materiales no son reciclables. Tanto el ABS y PLA, se encuentran en la categoría de “no reciclables” (Hester & Harrion, 2013)

Estos filamentos, al pasar por una impresora en 3D, se diluyen y en ese proceso de combustión, se emiten ultra finas partículas (UFPs, por sus siglas en inglés) y nano partículas que son inhaladas por los individuos que están en los alrededores de la impresora en 3D y son consideradas partículas altamente tóxicas para el ser humano (Bhatia & Ramadurai, 2017). De acuerdo con estos autores, el material ABS debe ser tratado con mucha precaución porque se trata de un producto que contiene estireno, componente que es altamente peligroso para la salud porque produce problemas respiratorios y cáncer.

Al comparar los filamentos ABS y PLA y sus características al pasar por un proceso de combustión a través del uso de una impresora 3D, se debe anotar que el plástico ABS es mucho más tóxico que el plástico PLA; éste último emite menos cantidad de UFPs que el plástico ABS (Stephens, Azimi, Elorch, & Ramos, 2013).

Segundo, la impresión en 3D se está desarrollando actualmente como una alternativa para la industria de la construcción, que se traduce en despidos masivos de trabajadores de la construcción que podrían ser reemplazados por máquinas de impresión en 3D. Algunas empresas ya se encuentran actualmente comercializando la venta de viviendas fabricadas con una máquina 3D. Una de esas empresas es *Winsun Decoration Design Engeniering* de China. Esta impresora 3D trabaja imprimiendo casas, capa por capa (Casini, 2016) y gobiernos como el de China y Dubai han invirtiendo grandes sumas de dinero para establecer a la impresión 3D como un proceso estándar en la construcción de viviendas. El año 2017, China invirtió aproximadamente US\$1.1 billones de dólares en desarrollos en tecnología 3D.

En el sitio oficial del Gobierno de Dubai, ubaifuture.gov.ae/our-initiatives/dubai-3d-printing-strategy, se establecen inclusive estrategias para consolidar a Dubai como el centro de desarrollo más grande del mundo en impresión 3D. El principal objetivo, según este sitio oficial, es que, a través de una ordenanza municipal, al menos el 25% de las nuevas edificaciones en Dubai, sea impreso en 3D y estiman que los costos de mano de obra se reduzcan hasta un 80%.

Tercero, el uso libre de diseños sobre patentes ha generado en muchas empresas grandes pérdidas por piratería de patentes ya pagadas. Una patente es “un título que reconoce el derecho de la invención patentada a impedir a otros la fabricación, venta o utilización sin consentimiento del titular” (García, 2008). Con el apoyo de un escáner en 3D, es fácil generar el diseño digital de cualquier objeto y replicar el bien utilizando una impresora en 3D. Actualmente, se comercializan en línea diseños digitales a bajo costo y en algunos casos de uso libre.

Pero ¿qué pasa por ejemplo el uso de software o diseños libres cuando se tratan de objetos peligrosos como un arma de fuego.? “En noviembre de 2013, Filadelfia obtuvo la distinción de ser la primera ciudad en prohibir la manufactura de armas de fuego impresas en 3D” (Keenan, 2014). Varios Estados de Estados Unidos de Norteamérica y el mundo se fueron sumando a esta iniciativa, como Japón, el Reino Unido y varios países

de Europa, inclusive en ciertos sitios, la compra del diseño digital de un arma de fuego se convierte también en un acto ilegal, aunque existen organizaciones como *Defense Distributed* en Estados Unidos que fomentan la compra de diseños de armas y la fabricación casera con argumentos sobre “defensa personal.”

Cuarto, existen también otras críticas generales a la impresión en 3D. La impresión de alimentos es una de ellas. Según Eric Edelman, en su libro “La verdad sobre el futuro,” teoriza y especula que en el futuro una impresora 3D será un utensilio más de la cocina de una familia convencional y señala “las familias podrán imprimir sus cenas usando cartuchos de polvo y aceites que contengan todos los nutrientes para una dieta saludable” aunque actualmente solo se ha logrado imprimir pizzas.

1.7. Actualidad en el sector 3D

Actualmente, varias empresas continúan invirtiendo en nuevos desarrollos para esta industria; por ejemplo, las dos empresas que lideran el mercado de impresión en 3D, han invertido en el año 2017 alrededor de US\$51 millones en investigación y desarrollo que representa más del 14% de inversión sobre sus ingresos. 3D Systems invirtió US\$25 millones mientras que Stratasys US\$26 (Nasdaq, 2018).

Stratasys en colaboración con *el Massachusetts Institute of Technology* (MIT, por sus siglas en inglés) se encuentran actualmente desarrollando un nuevo proceso de impresión llamado *4D printing*. Stratasys, describe a este nuevo desarrollo como: “...un cambio radical en el prototipado rápido, en donde los objetos cambian con el tiempo para realizar funciones programadas basadas simplemente en las propiedades del material.” En una demostración a través de video, se observa cómo un objeto impreso va modificando su estructura en contacto con el agua (Stratasys, 2018). Los creadores de este nuevo desarrollo aseguran que este avance permitirá el crecimiento global de la manufactura aditiva porque esta técnica expande los procesos actuales para incluir la cuarta dimensión, tiempo, mediante el cual las partes pueden transformarse en forma o propiedad. Las ventajas más destacadas que ofrece la impresión en 4D es la “...activación, detección y programabilidad integradas directamente en un material, sin la dependencia de dispositivos externos y sistemas electromecánicos.” (Tibbits, McKnelly, Olguin, Daniel, & Shai, 2014).

2. La impresión en 3D en la joyería

La impresión en 3D está cambiando la forma en que los orfebres y joyeros trabajan y diseñan. Aquellos que han tomado ventaja de la impresión en 3D y utilizan esta tecnología serán quienes permanezcan en el sector, los demás irán desapareciendo del mercado (Royce-Greensill, 2015). Para el sector orfebre existen impresoras 3D que utilizan polvo de oro que al calentarse van formando la pieza capa por capa, pero, esta impresora es bastante costosa en el mercado. La alternativa más común en el sector es la utilización de cera o resina que forman, con ayuda de una impresora 3D, un molde del objeto previamente diseñado en CAD. Finalmente, mediante una técnica conocida como de “cera perdida”, el molde en cera se diluye al contacto con el material fundido (oro, plata, o el material utilizado por el orfebre) y forma el objeto de metal sólido.

Esta tecnología, permite a los diseñadores crear piezas que resultarían imposibles de fabricar a mano. Significa también que las uniones de la joya son más fuertes, formadas a partir de una pieza continua de metal en lugar de piezas separadas soldadas entre sí. El diseño en un CAD ahora es parte del plan de estudios de joyería en las prestigiosas escuelas de arte y diseño de Londres como el *Central Saint Martins* y el *Royal College of Art*.

Según el diario británico *The Telegraph* del 6 de octubre de 2015, las casas de joyas más representativas del país han utilizado la impresión en 3D para famosas obras de joyería, aunque, según el artículo, éste es el secreto mejor guardado de los joyeros; "el público tiene una visión romántica de los artesanos que hacen todo a mano; parte de ese romance se quita con la disponibilidad de la tecnología." Por su parte, Max Shepherd, director creativo de joyería de la boutique *Guy & Max*, señala que: "mucha gente cree que la clave del lujo y prestigio de la joya es la historia y la artesanía (a mano). Algunas marcas temen que crezca la percepción de que están usando la tecnología para hacer que las cosas sean más rápidas y económicas. La gente no se da cuenta de que puede usarse como una herramienta artística."

Para Raymond Graff, de la prestigiosa joyería londinense *Graff*, el secreto para aprovechar la tecnología es combinarla con las técnicas tradicionales: "La impresión CAD y 3D son herramientas. Tienes que ser un joyero para saber cómo juntar esos componentes en una joya." La visión de Shuan Leane, un prestigioso joyero europeo es compartida por muchos otros defensores de la tecnología 3D: "veo a nuestro diseñador de CAD como un orfebre electrónico, configuramos, grabamos o esmaltamos las piezas impresas en 3D a mano. Es importante conservar ese toque humano. Si crea algo

exclusivamente con tecnología 3D, existe el riesgo de que pierda ese elemento humano; las joyas hechas exclusivamente con CAD son casi demasiado perfectas. Creo que la pieza pierde su carácter." Para la joyería Graff, su prioridad es la perfección del objeto físico (con el diseño CAD), la originalidad de la pieza, y la eficiencia en su producción; sin importar si el producto es fabricado en gran parte con apoyo con una máquina 3D.

Existen también empresas de joyería que han puesto a disposición del público una división para la personalización de diseños con apoyo de la tecnología 3D. Una de esas empresas es RIVA, localizada en Nueva York en Estados Unidos. Esta joyería está utilizando la tecnología 3D abiertamente al público para personalizaciones e impresiones de alta calidad. También, existen empresas especializadas en prestar el servicio de diseño e impresión en 3D como *Shapeways*, una de las empresas más grandes a nivel mundial en prestar el servicio de diseño e impresión en 3D, que han implementado una división *jewelry* o joyería. Esta división llamada Spring & Wonder y lanzada al mercado a inicios del 2018, ofrece al consumidor un servicio personalizado y sin ser *Shapeways* una joyería, ésta es capaz ahora de entregar joyas como producto final. Es capaz de imprimir joyas de oro, bronce y plaza, de diferente calidad (Shapeways, 2018).

Jonh Wilewski, autor del libro *Manufactura Aditiva de Metales*, asegura que las aplicaciones artísticas de la impresión en 3D en metal están liderando formas, diseños y procesos completamente nuevos y con menos restricciones que en otros sectores. Por ejemplo, la impresora 3D fabricada para joyeros utiliza polvo de oro, plata o bronce y es mucho más pequeña y menos costosas que las máquinas 3D que utilizan en el sector aeroespacial y automotriz para fabricar piezas bajo este sistema. De la misma manera, en el sector joyero no existen limitaciones de calidad que restrinjan su desarrollo. En el sector joyero, no se requiere los mismos niveles de certificación y control que sí se exigen en el sector aeroespacial, automotriz, y médico, respecto a productos fabricados con impresoras 3D. Esta ventaja en control hace que las artes y la joyería sean un mercado atractivo de la manufactura aditiva (Milewski, 2017).

2.1. Ventajas de la impresión en 3D en la joyería

Para la empresa belga *Materialise*, especializada y pionera en prestar el servicio de impresión en 3D, las principales ventajas en la utilización de la tecnología 3D en el sector joyero son diversas. Las principales se resumen a continuación (Materialise, 2017):

- i. Reducción del stock de inventario. - La impresión 3D resuelve el problema de un inventario de alto valor que no se vende por completo y que está almacenado por mucho tiempo. Esta tecnología, permite producir lotes pequeños que se pueden

crear rápidamente, ya no necesita invertir altas cantidades de dinero en inventario. Además, esto significa que los negocios de joyería pueden ser manejado en línea, donde se crean piezas bajo pedido.

- ii. **Diseño libre.** - La impresión en 3D permite al diseñador expresar su creatividad sin límites. Con la impresión en 3D, no existen restricciones respecto a la creación de moldes de cualquier tipo de diseño. Así, se abren infinitas oportunidades de diseño y el diseñador puede experimentar completamente con diferentes conceptos.
- iii. **Menor tiempo de comercialización.** - La fabricación manual de moldes de joyería pueden llegar a ser muy costosos e implica mucho tiempo; con la impresión en 3D el molde es creado rápidamente y permite cambiar el diseño del modelo digital. Al utilizar impresión en 3D, el diseñador puede llegar al mercado más rápido con menores costos.
- iv. **Personalización.** - La impresión en 3D permite a los clientes solicitar piezas exclusivas y únicas. Se puede insertar un mensaje personal o, a un diseño existente se puede personalizar para satisfacer sus necesidades.
- v. **Alta complejidad.** - Bajo métodos tradicionales de fabricación de joyas, un sinnúmero de piezas se juntan (sueldan) para crear una pieza de diseño complejo. Con la impresión en 3D, es posible crear el diseño terminado en una sola pieza, lo que significa que su calidad es más alta y el diseñador puede ahorrar tiempo al eliminar de su proceso de fabricación, el proceso de soldadura o unión de piezas.
- vi. **Disponibilidad inmediata de diseños:** Una vez que el diseño se encuentra en formato SLT o formato en 3D, se puede imprimir o generar las copias que el cliente requiera sobre una pieza determinada, sin importar el paso del tiempo y el número de unidades.
- vii. **Eliminación del molde de caucho:** Sin la utilización de la tecnología en 3D, es necesario generar un molde de caucho y adquirir una máquina de cera mientras para producir joyas, mientras que con la impresión en 3D las piezas se puede obtener directamente desde una impresora 3D sin pasar por el moldeado manual, creación de prototipos e inyección en cera.

2.2. Herramientas 3D de diseño para joyería

La impresión en 3D no sería posible sin el correcto manejo de herramientas de diseño conocidas como CAD. La empresa francesa Sculpeo, especializada en servicios

online de impresión en 3D y de diseño en 3D publicó una lista de las mejores herramientas (software) de diseño para joyería:

- i. RinhoGold.- Este software es exclusivamente para diseñadores de joyas y permite crear piezas con alto nivel de detalle.
- ii. Matrix.- Este CAD es recomendado para diseñadores con experiencia en el uso de herramientas de diseño de joyas, por su nivel de complejidad. Cuenta con una guía paso a paso de cómo diseñar.
- iii. 3Design.- Esta herramienta es de fácil utilización. Crea simulaciones de la joya en 3D e incluye otras herramientas útiles para joyería como por ejemplo creación de piedras.
- iv. Firestorm CAD Software.- No se requiere experiencia previa para diseñar una joya con este software. La joya es realizada con figuras simples y es fácil de editar.
- v. Blender.- Es un software libre y desarrollador por la Fundación Blender. Existen muchos tutoriales disponibles para ayudar a los usuarios; sin embargo, como este software es avanzado y poco apropiado para principiantes. Este software es más interesante para un uso artístico y creación de joyas en 3D.
- vi. Sketchup.- Es un software gratuito y popular para impresión en 3D. Es útil para principiantes con poca experiencia con un software de modelado 3D. Sketchup es particularmente útil para diseñar modelos geométricos y puede ser relevante utilizar este software si se desea crear joyas geométricas.
- vii. Otros. - Existen también otras herramientas de diseño recomendadas para joyería como: MOI (*Moment of Inspiration*), 3Shaper, Tinkercad, Mudbox.

En este documento se analizará las potenciales utilidades de la impresión en 3D en el sector orfebre y se comparará los costos de producción actuales de Talleres Tinta con los costos generados al utilizar la impresión en 3D en todo el proceso de producción de la Organización.

Talleres Tinta es un emprendimiento familiar con ventas anuales que oscilan entre US\$80,000 y US\$100,000 y con un margen de utilidad de entre 3% y 5%. Actualmente no utilizan la impresión como parte de sus procesos de producción. Uno de los objetivos de corto y mediano plazo de Talleres Tinta es optimizar sus procesos de producción y como consecuencia reducir sus costos asociados y obtener mayor rentabilidad. Al finalizar esta investigación se pretende demostrar a Talleres Tinta que la utilización de la impresión en 3D impactará los costos de producción del taller. Para cumplir con este objetivo se presentará un detalle de los procesos que potencialmente podrían utilizar la

impresión en 3D y se comparará costos actuales con los procesos y costos bajo el enfoque 3D. Talleres Tinta se encuentra calificado como un taller artesanal y no como una fabrica de producción de joyas en línea o a gran escala.

2.3. La Joyería en el mundo, datos: empresas, mercados

Las tendencias que se han desarrollado en el sector de la vestimenta en las últimas tres décadas parecen estar funcionando también en el sector de la joyería, pero a un ritmo mucho más rápido. De acuerdo con un estudio publicado en el 2014 por la firma Mackensy&Company, la industria de la joyería parece preparada para un brillante futuro, se espera que las ventas globales anuales de € 148 mil millones crezcan a un saludable ritmo de 5 a 6 por ciento cada año, totalizando € 250 mil millones para 2020. El apetito del consumidor por la joyería, que fue amortiguado por la recesión global, ahora parece más voraz que nunca de empresas de consultoría de mayor prestigio a nivel mundial.

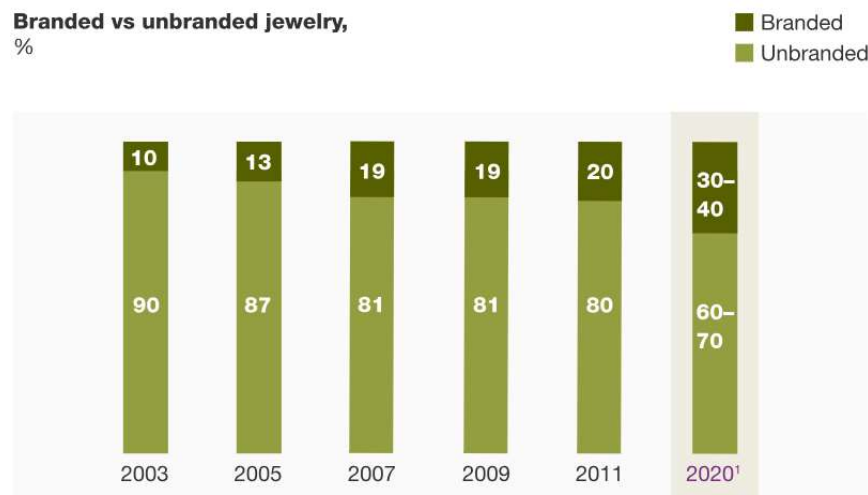
2.3.1. Tendencias que afectan al sector joyero

Los cambios en la indumentaria o vestimenta en los últimos 30 años han empujado también un movimiento similar en el sector de la joyería, éste último es adyacente a los cambios de moda, excepto joyería fina; el estudio revela cinco tendencias que afectan al sector de la joyería: internacionalización de las marcas y consolidación de la industria, crecimiento de la joyería de marca, reconfiguración de los canales de venta, polarización y consumo híbrido y moda rápida (Mckinsey&Company, 2014):

- i. Internacionalización de las marcas y consolidación de la industria. - En la década de 1980, las marcas nacionales de indumentaria fueron las líderes claras en sus respectivos mercados: C & A en Alemania, por ejemplo, y Marks & Spencer en el Reino Unido. Hoy, muchas marcas nacionales han sido superadas por marcas internacionales como Zara y H & M.
- ii. Según el estudio de Mackensy&Company, se espera que la industria de la joyería siga esta misma tendencia. Actualmente la industria de la joyería sigue siendo principalmente local. Los diez grupos de joyería más grandes capturan apenas el 12% del mercado mundial, y solo dos, Cartier y Tiffany & Co., están en el ranking de marcas internacionales (*Interbrand* en inglés) de las 100 mejores marcas mundiales. El resto del mercado consiste en marcas minoristas nacionales sólidas, como Christ en Alemania o Chow Tai Fook en China, y pequeñas o medianas empresas que operan localmente.

- iii. Crecimiento de la joyería de marca. - Los artículos de marca ya representan el 60% de las ventas en el mercado de relojes. Si bien las joyas de marca representan solo el 20% del mercado general de joyas en la actualidad, su participación se ha duplicado desde 2003 y la expectativa es que la joyería de marca siga creciendo cada vez más, según una encuesta llevada a cabo por Mackensy&Company tal como lo muestra la siguiente gráfica:

Gráfico 3
Joyas de marca y sin marca



¹ Monto estimado para el 2020

Fuente y elaboración: Informe de Mackensy&Company, Perspectives on retail and consumer goods, 2014

La investigación señala que existen principalmente tres factores que impulsan el crecimiento de las joyas de marca:

- (1) Los consumidores de "dinero nuevo" que usan joyas de marca para mostrar su riqueza recién adquirida (a diferencia de los consumidores de "dinero antiguo", que prefieren reliquias o joyas de bienes)
- (2) Los consumidores de mercados emergentes, para quienes las marcas establecidas inspiran confianza y la sensación de un estilo de vida mejorado, éste es un factor de compra citado por el 80% de los entrevistados.
- (3) Consumidores jóvenes que recurren a las marcas como medio de autoexpresión y autorrealización.

Mackensy&Company recomiendan que toda empresa de joyería debe tratar de fortalecer y diferenciar sus marcas a través de diseños únicos y distintivos. La tendencia hacia las joyas de marca será especialmente difícil para los pequeños

artesanos, que no tienen la fuerza comercial de los grandes grupos de joyería. Una opción para los joyeros más pequeños es buscar la distribución a través de empresas como Cadenza, la cadena de tiendas de joyería multimarca de Swarovski con marcas de lujo reconocidas.

- v. Reconfiguración de los canales de venta. - Según el estudio de Mackensy&Company las ventas de joyas en línea son solo del 4 al 5% del mercado actual, con variaciones sustanciales en todas las regiones, marcas, y tipos de joyería, los entrevistados creen que este número, al menos para joyería fina, alcanzará el 10% para 2020 y no crecerá mucho más allá de eso. Su razonamiento: la mayoría de los consumidores prefieren comprar artículos caros en tiendas físicas, que se perciben como más confiables y que brindan la oportunidad de tocar y sentir la mercancía, un factor crucial en una categoría de alta participación impulsada por la experiencia sensorial. En cuanto a la joyería de moda, el estudio predice un porcentaje de ventas en línea un poco más alto, entre el 10 y 15% para el 2020.

Los fabricantes de joyas pueden usar los medios digitales como una plataforma para transmitir información, dar forma a la identidad de marca y establecer relaciones con los clientes. Según una encuesta realizada en 2014 por McKinsey, dos tercios de los compradores de lujo dicen que se involucran en búsquedas en línea antes de comprar en una tienda física; y de uno a dos tercios dicen que frecuentemente recurren a las redes sociales para obtener información y consejos.

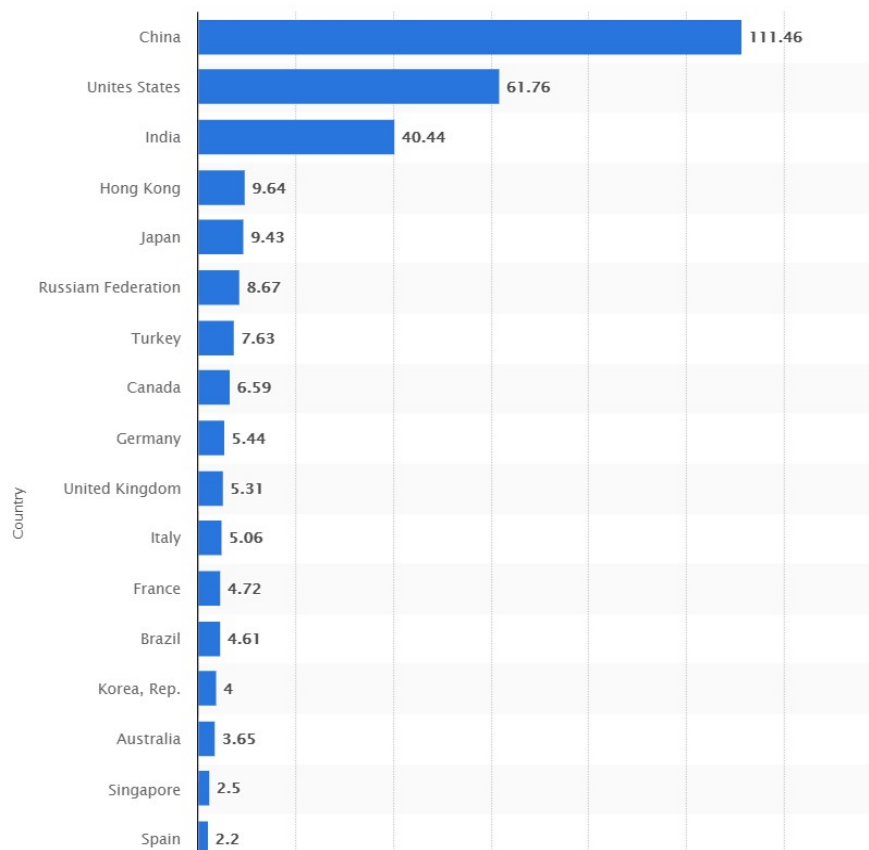
- vi. Moda y rapidez. - En las últimas dos décadas, la "moda rápida" ha revolucionado la industria de la ropa, incluyendo a la joyería de moda. Los productores de moda rápida han acortado drásticamente el tiempo de comercialización: los nuevos productos pueden permanecer en el estante hasta máximo un mes. Las tiendas reciben un flujo continuo de mercancía fresca, hasta 12 temas por año.

Las joyas finas han sido hasta ahora inmunes a los efectos de la moda rápida, pero no se puede decir lo mismo del mercado de joyas de moda.

2.3.2. Estadística sobre el consumo de joyería a nivel mundial

Las estadísticas a nivel mundial muestran a los mercados más grandes en consumo de joyería (bisutería y joyería fina proveniente de talleres orfebres) en el 2016 y por país. China, Estados Unidos y la India son los tres principales mercados en el mundo. En el 2016, China es el país que lidera el mercado de consumo de joyería con ventas estimadas en 111.5 millones de dólares (Statista, 2016)

Gráfico 4:
Consumo de joyería mundial 2016, por país (en billones de US\$)



Fuente y elaboración: Portal Statista.com, *Largest jewelry markets worldwide in 2016, by country (in billon US dollars)*

En este estudio, la industria identifica dos tipos principales de productos: joyería fina, que se caracteriza por el uso de piedras y metales preciosos y, por lo general, es más cara; y la joyería de moda, generalmente hecha de aleaciones y piedras de cristal. Además, el estudio divide a la joyería fina en tres segmentos de precios: asequible (menos de US\$ 1,500), lujo (entre US\$ 1,500 y US\$ 10,000) y productos de lujo (más de US\$ 10,000). Para el 2016, las ventas en los Estados Unidos se duplicaron en casi dos décadas, de 15 billones de dólares en 1992 a más de US\$30 billones de dólares en el 2016.

El minorista de joyas especializadas más grande del país es actualmente *Signet Jewelers Limitad*, que opera aproximadamente 3,600 tiendas en todo el mundo y genera ventas anuales de aproximadamente 6,000 millones de dólares por la venta de joyas, relojes y servicios asociados. A *Signet* le sigue *Tiffany and Co.*, que generó

ventas netas globales por aproximadamente 4,000 millones de dólares y opera alrededor de 300 tiendas en todo el mundo. En el creciente mercado de ventas en línea por internet, *Blue Nile* es el mayor minorista de joyas en este segmento, con ventas reportadas por valor de 400 millones de dólares en 2012 (Statista, 2018).

3. La Joyería en Ecuador

3.1. Datos generales sobre el sector orfebre en el Ecuador

3.1.1. Estadísticas sobre el sector artesanal y joyero en el Ecuador

En el último censo realizado en el Ecuador en el 2010, se revelaron, por primera vez, datos oficiales sobre el sector artesanías y joyas (Ministerio de Industrias y Productividad; FLACSO Ecuador, 2012):

- i. Se determinó 2,412 establecimientos a nivel nacional, de los cuales 1,812 correspondían a establecimientos dedicados a las artesanías y 600 para joyas.

Tabla 2
Establecimientos de artesanías y joyas en el Ecuador 2010

Ramas de Actividad	Número de Establecimientos
Artesanías en general	905
Artesanías en madera	758
Artesanías en cerámica	149
Total artesanías	1,812
Joyas	600
Total artesanía y joyas	2,412

Fuente: Censo Económico 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)
Elaboración propia

- ii. En total tuvieron ingresos por 870.7 millones de dólares, 97.9% de este total fue para artesanías y 2.1% para joyas. Se emplearon 15,691 personas; 14,381 en las ramas de artesanías y 1,310 en la de joyas (797 hombres y 513 mujeres).

Tabla 3
Ingresos generados: artesanías y joyas 2010

Ramas de Actividad	Número de Establecimientos	% Total
Artesanías en general	832,300,000	96%
Artesanías en madera	12,400,000	1%
Artesanías en cerámica	8,128,171	1%
Total artesanías	852,828,171	98%
Joyas	17,954,174	2%
Total artesanía y joyas	870,782,345	100%

Fuente: Censo Económico 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)
Elaboración propia

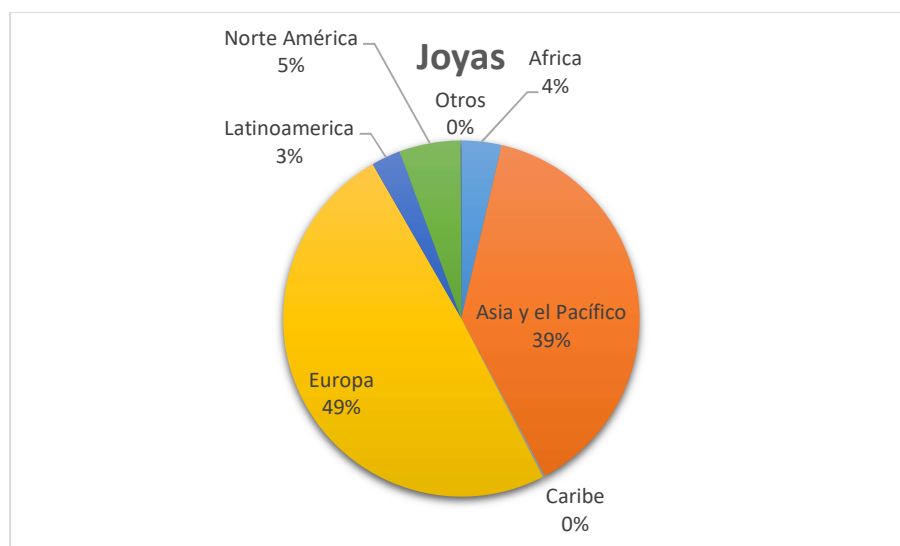
- iii. A nivel de América Latina participó con el 1,85% del total exportado y a nivel mundial con el 0,017%, sin embargo, de esta baja participación, es el sexto país tanto en exportaciones como importaciones en América Latina. A pesar de esta baja participación, existe un superávit comercial de 49 millones de dólares, ya que las exportaciones de artesanías y joyas ascienden a 66,5 millones, mientras que las importaciones fueron de 17,5 millones.
- iv. Las exportaciones mundiales de joyas tienen como principal destino a Europa con un 49.3%, seguido de Asia y el Pacífico con 38.6%, Norteamérica 5.6%, África 3.7%, y Latinoamérica 2.7%.

Tabla 4
Exportaciones mundiales de Joyas. En miles (2007)

Región	Valor en dólares	% Total
África	4,842	4%
Asia y el Pacífico	51,182	39%
Caribe	248	0%
Europa	65,388	49%
Latinoamérica	3,531	3%
Norte América	7,407	6%
Otros	63	0%
Total	132,661	100%

Fuente: Base de datos estadísticos sobre comercio de las Naciones Unidas
Elaboración propia

Gráfico 5
Participación por regiones en las exportaciones mundiales de joyas (2007)



Fuente: Base de datos estadísticos sobre comercio de las Naciones Unidas.
Elaboración propia

- v. En un estudio también resume la cadena de valor de las joyerías ecuatorianas y resalta que las materias primas para la joyería provienen principalmente de las importaciones, considerando que la minería local básicamente provee de oro debido a que la producción de plata es baja en el país. La totalidad de piedras preciosas y semipreciosas se importan.

Gráfico 6
Cadena de valor joyería ecuatoriana



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo.

- vi. Respecto a inversiones en capacitación, investigación y desarrollo en el sector de la joyería, los resultados del estudio al sector son los siguientes:

Tabla 5
Datos generales sobre investigación y capacitación en el ramo: Joyería

Actividad	si	no	Valor US\$
¿Realiza investigación de mercado?	13	570	n/a
¿Realiza investigación y desarrollo?	4	579	n/a
Monto de gasto en inversión y desarrollo	n/a	n/a	1,960
¿Realiza capacitaciones?	24	553	n/a
Monto en capacitaciones y formación	n/a	n/a	11,951

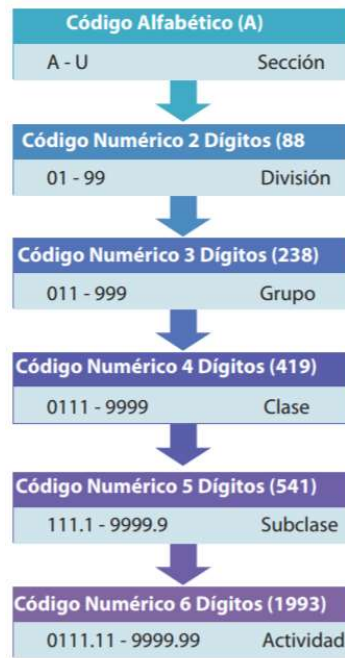
Fuente: Censo Económico 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)
Elaboración propia

3.1.2. Categorización CIU para el sector joyero

Las actividades de joyería y relacionadas están categorizadas conforme la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) promulgada por las Naciones Unidas, cuyo propósito es clasificar las actividades económicas en una serie de categorías y subcategorías, cada una con un código alfanumérico. La mayoría de los países usan directamente el CIU o han elaborado clasificaciones nacionales derivadas de ella. En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) adaptó el CIU en la Clasificación Nacional de Actividades Económicas. Las instituciones del sector industrial

y productivo en el Ecuador han alineado su gestión a partir de esta clasificación nacional (Instituto nacional de estadísticas y censos, 2010).

Gráfico 7
La estructura jerárquica general de la CIU – Revisión 4



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Manual de usuario CIU.

Tabla 6
Clasificación Nacional de Actividades Económicas por CIU

Clasificación	Nivel	Descripción
Sección	C	Industrias manufactureras.
División	C32	Otras industrias manufactureras.
Grupo	C321	Fabricación de joyas, bisutería y artículos conexos.
Clase	C3211	Fabricación de joyas y artículos conexos.
	C3212	Fabricación de bisutería y artículos conexos.
Subclase	C3211.0	Fabricación de joyas y artículos conexos.
	C3212.0	Fabricación de bisutería y artículos conexos.
Actividad	C3211.01	Producción de perlas labradas, piedras preciosas y semipreciosas labradas, incluida la producción de piedras de calidad industrial y de piedras preciosas y semipreciosas sintéticas y reconstruidas, talla de diamantes.
	C3211.02	Fabricación de joyas de metales preciosos o de metales comunes chapados con metales preciosos, de piedras preciosas y semipreciosas; y de combinaciones de metales y piedras preciosas y semipreciosas y otros materiales, incluido la fabricación de correas y cintas para relojes, pulseras y pitilleras de metales preciosos.
	C3211.03	Fabricación de artículos de orfebrería elaborados con metales preciosos o metales comunes chapados con metales preciosos: cuberterías, vajillas y servicios de mesa, artículos de tocador, artículos de escritorio y oficina, artículos de uso religioso, etcétera.
	C3211.06	Servicios de apoyo a la fabricación de joyas y artículos conexos como: el grabado de objetos personales de metales preciosos y de metales no preciosos, a cambio de una retribución o por contrato.
	C3212.01	Fabricación de artículos de bisutería: anillos, brazaletes, collares y artículos de bisuterías similares de metales comunes chapados con metales preciosos, joyas que contienen piedras de imitación, como diamantes u otras gemas de imitación y similares, incluido la fabricación de correas de metal para relojes (excepto las de metales preciosos).
	C3212.02	Servicios de apoyo a la fabricación de bisutería y artículos conexos a cambio de una retribución o por contrato.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Manual de usuario CIU.
 Elaboración propia.

3.1.3. Ventas del sector joyero en el Ecuador

La actividad de joyería se encuentra en la división de “Otras industrias manufactureras” con la CIU C32; los ingresos por ventas (millones de USD) en este ramo, según el tamaño de las empresas durante el periodo 2013-2015 se detalla a continuación (Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, 2017):

Tabla 7
Ingresos por ventas según tamaño de empresa (millones US\$)

Tamaño	2013	2014	2015
Mediana	20.89	25.19	26.38
Grande	11.16	12.63	11.77
Pequeña	9.98	11.55	12.81
Microempresa	1.11	0.85	4.28

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

El estudio sectorial realizado en el 2017 por la Dirección de Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador señala que las actividades económicas con mayor aportación en el subsector C32 “Otras industrias manufactureras” (al que pertenece el sector de la joyería) entre el 2013 y 2015 corresponde principalmente a la fabricación de joyas de metales preciosos o de metales comunes, con un promedio en ventas en estos periodos de US\$8.5 millones y 16.76% de participación en esta categoría, fabricación de artículos de broma y fantasía con un promedio de ventas US\$7.75 millones y 15.74% de participación, fabricación de productos oftálmicos con un promedio de ventas de US\$8.44 millones y 16.92% de participación, productos ortopédicos US\$6.6 millones y 13.33% de participación y otras actividades por US\$4.86 y 10.41% de participación (Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, 2017):

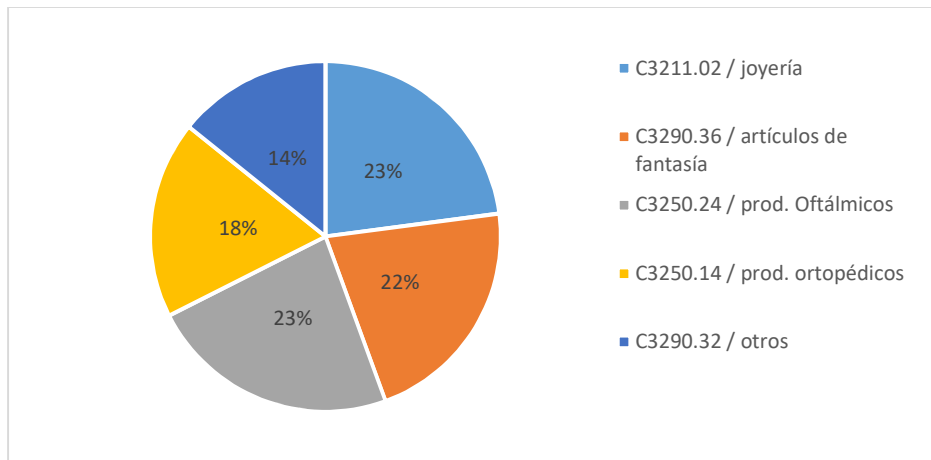
Tabla 8
Actividades CIU de mayor relevancia en este segmento C32

Fabricación de:	CIU
Joyería	C3211.02
broma y fantasía	C3290.36
productos oftálmicos	C3250.24
aparatos ortopédicos	C3250.14
escobas, cepillos y relacionados	C3290.32

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

A continuación, la gráfica con la participación por actividad CIU que conforma principalmente el segmento “Otras industrias manufactureras” entre los periodos 2013 - 2015:

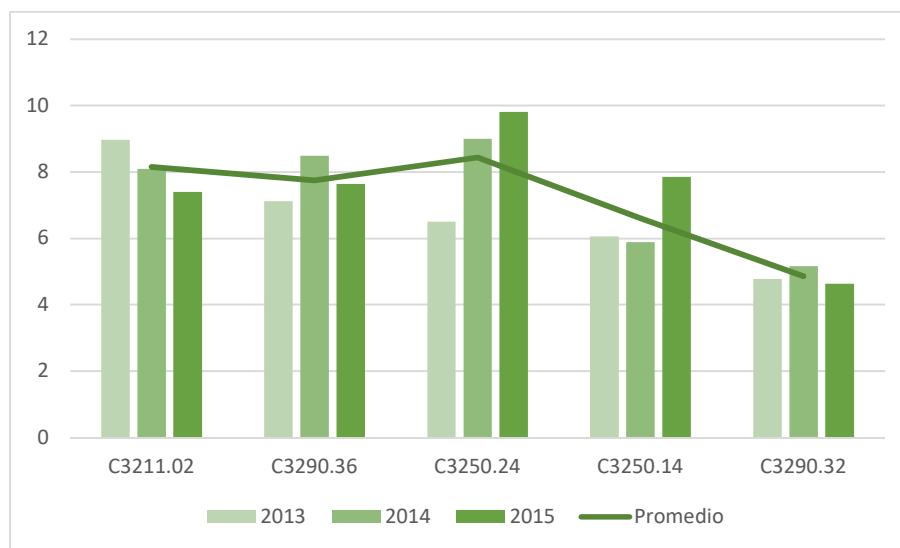
Gráfico 8
Promedio participación en "Otras industrias manufactureras"



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

A continuación, se representa mediante una gráfica el comportamiento de las ventas, por actividad CIU que conforma principalmente el segmento "Otras industrias manufactureras" entre el 2013 y 2015:

Gráfico 9
Ventas anuales (en millones) por CIU



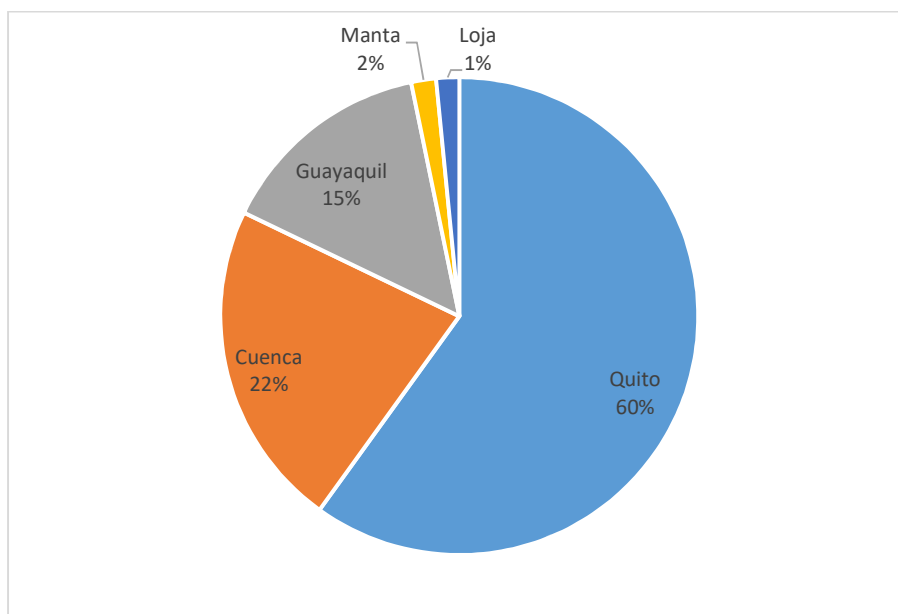
Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.1.4. Ciudades con mayor participación en el sector joyero

Las principales ciudades con mayor aportación en este subsector para el año 2015 (última fecha publicada) fueron: Quito con US\$32.63 millones y 59.07% de participación,

Cuenca US\$12.08 millones y 21.87% de participación, Guayaquil US\$7.96 millones y 14.41% de participación, Manta US\$0.92 millones y 1.66% de participación, y por último Loja con US\$0.84 millones y 1.53% de participación (Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, 2017):

Gráfico 10
Participación ingresos por venta por ciudad: C32



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.2. Situación artesanal en el Ecuador

Es necesario mencionar que la información publicada y reportada en la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros corresponde únicamente al sector formal constituido como “empresa”, no obstante, existen talleres artesanales muchos de ellos calificados conforme lo establece la Ley de Defensa del Artesano. “La actividad artesanal ecuatoriana genera empleo aproximadamente a 700 mil personas, que trabajan en 108 mil talleres a nivel nacional, pertenecientes a 172 ramas de producción y servicios artesanales, beneficiarios directos de la nueva norma.” (Ministerio de Industrias y Productividad, 2017), una de ellas sin duda el relacionado con la orfebrería.

Para calificarse como artesano, se debe demostrar el cumplimiento de su significado: “Artesano es el trabajador manual maestro de taller o artesano autónomo que debidamente calificado por la Junta Nacional de Defensa del Artesano y registrado en el Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos, desarrolla su actividad y trabajo

personalmente y hubiere invertido en su taller en implementos de trabajo, maquinarias y materias primas una cantidad no superior al 25% del capital fijado para la pequeña industria” (Ley de Defensa del Artesano, 2008).

De la misma manera, para calificarse como un taller artesanal, el Reglamento General a la Ley de Defensa del Artesano, en el artículo 8 establece los siguientes requisitos:

- Que la actividad sea eminentemente artesanal;
- Que el número de operarios no sea mayor de quince y el de aprendices no mayor de cinco;
- Que el capital invertido, no sobrepase el monto establecido en la Ley;
- Que la dirección y responsabilidad del taller esté a cargo del Maestro de Taller;
- y,
- Que el taller se encuentre calificado por la Junta Nacional de Defensa del Artesano.

El órgano encargado de velar por el cumplimiento de la Ley y Reglamento de Defensa del Artesano es la Junta Nacional de Defensa del Artesano (JNDA), entre sus obligaciones y atribuciones están las siguientes (Ley de Defensa del Artesano, 2008):

- El apoyo y estímulo a las organizaciones de artesanos del país;
- El otorgamiento de títulos artesanales refrendados por los Ministerios de Trabajo y Recursos Humanos y de Educación y Cultura;
- La calificación y recalificación de talleres artesanales;
- La concesión del carné profesional artesanal, cuyo valor será fijado a precio de costo; y,
- El perfeccionamiento y capacitación técnica y cultural de los artesanos.
 - o Los beneficios al calificarse como artesanos ante la Junta Nacional de Defensa del Artesano son principalmente los siguientes:
- En el caso de los artesanos, los productos y servicios que ofrecen están gravados con IVA 0%, siempre y cuando, sean parte de la actividad registrada como artesano, (Servicio de Rentas Internas del Ecuador, 2015).
- Los artesanos no están obligados a llevar contabilidad.

- Están exentos del pago de la participación en utilidades los artesanos respecto de sus operarios y aprendices (Código del Trabajo, 2018).
- Quedan excluidos de las gratificaciones por décimo tercer sueldo y décimo cuarto sueldo los operarios y aprendices de artesanos. Sin embargo, deben ser afiliados de manera obligatoria al Seguro Social, pero no acumulan fondos de reserva. Adicionalmente, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social está obligado a atender las indemnizaciones de accidentes de trabajo y demás derechos de los operarios. (Código del Trabajo, 2018).
- Exoneración de los impuestos arancelarios y adicionales a la importación de máquinas y materia prima que no se produzca en el país.

3.3. FODA para el sector joyero ecuatoriano

La falta de inversión en investigación y desarrollo, así como en capacitación y formación de los empleados hace que la innovación de los productos se estandarice y se quede relegado frente a los mercados de Asia y Europa. A continuación, un resumen del análisis FODA realizado al sector joyero ecuatoriano por el Ministerio de Industrias y Productividad y la FLACSO. (Ministerio de Industrias y Productividad; FLACSO Ecuador, 2012):

Tabla 9
Análisis FODA Joyería y Bisutería en Ecuador

Fortalezas	Debilidades
La habilidad y creatividad de los joyeros.	Importación de la mayor parte de materia prima.
Disponibilidad de mano de obra calificada a bajo costo respecto a La de EE. UU. y Europa.	Débil capacidad de desarrollo e innovación de diseños en función a tendencias internacionales.
Apoyo gubernamental a los artesanos a través de ferias de promoción de productos.	Carencia de centros especializados en capacitación y enseñanza
Mito de joyería ancestral ecuatoriana como fundamento de marca de origen.	Baja rentabilidad por la escasa preparación comercial de los artesanos. No existen mercados alternativos, ni diferenciadores de producto.

Oportunidades	Amenazas
Importancia del nivel artesanal	Escasas líneas de crédito para mejorar equipamiento y tecnología en este sector.
Rescate del nivel cultural patrimonial	Recesión en economías desarrolladas como EE. UU. y la Unión Europea, principales demandantes de joyas de oro.
Disponibilidad de nuevos materiales para artesanía	Tendencia alcista en cotización del oro, principal insumo, seguiría afectando demanda por joyería.
Mercado potencial del turismo nacional e internacional.	Poca valoración artesanal
	Organización gremial no consolidada. en su mayoría son parte de comités de la comuna

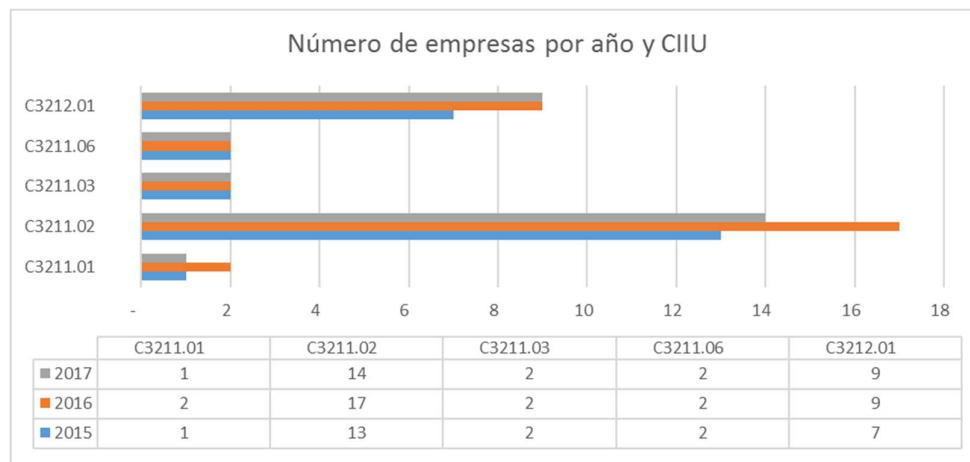
Fuente: Estudio MIPRO y FLACSO: Artesanía y Joyería 2012
Elaboración propia

3.4. Situación financiera de las empresas del sector orfebre del país

Para analizar en profundidad los datos financieros del sector joyero del país, se extrajo de la base de datos de la página web de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, los estados financieros incluidos en el grupo CIIU C321 - Fabricación de joyas, bisutería y artículos conexos, para los años 2015, 2016 y 2017. Las actividades que conforman al grupo C321 se detallan a continuación: C3211.01, C3211.02, C3211.03, C3211.06, C3212.01.

El número de empresas registradas en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos en el 2017 es de 28, en el 2016 la base reporta 32 empresas y el 2015 un número de 25. A como continuación se resume las empresas activas en el ramo de joyería por CIIU:

Gráfico 11
Número de empresas por año y CIU¹



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.4.1 Activos del sector orfebre del país

El nivel de activos que presentan las empresas dedicadas a la fabricación de joyas, bisutería, y artículos conexos en los años 2015, 2016 y 2017 es el siguiente:

Gráfico 12
Activos del sector orfebre 2015-2017, en US\$

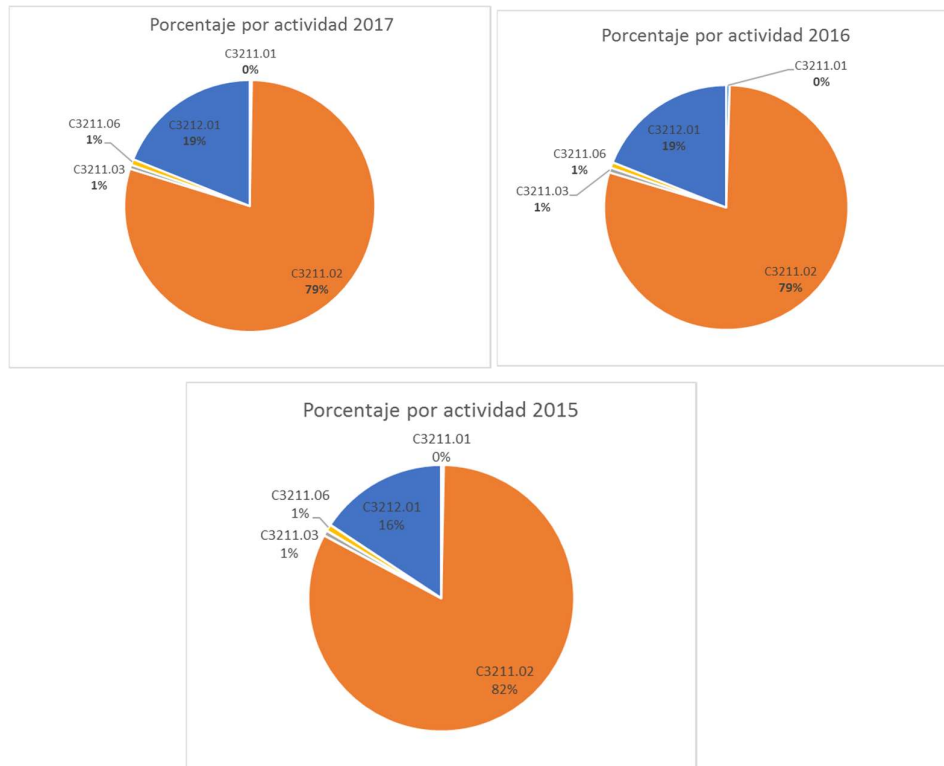


Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

¹ El significado de cada CIU se visualiza en la descripción de la estructura jerárquica de la joyería conforme el CIU – versión 4.0

- a. El porcentaje de participación de los activos por actividad sobre en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos es como sigue a continuación:

Gráfico 13
Porcentaje de participación de los activos por actividad sobre en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos 2015 - 2017



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

La compilación de información sobre las empresas dedicadas a la fabricación de joyas, bisutería, y artículos conexos registradas en la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros al 31 de diciembre de 2017, revela que:

- i. Del total de activos del sector, el 79% (C3211.02) se encontraba formado por empresas dedicadas a la fabricación de joyas de metales preciosos o de metales comunes chapados con metales preciosos, de piedras preciosas y semipreciosas; y de combinaciones de metales y piedras preciosos y semipreciosas y otros materiales, incluido la fabricación de correas y cintas para relojes, pulseras y pitilleras de metales preciosos.
- ii. De este grupo, el 19% (C3212.01) estaba formado por empresas dedicadas a la fabricación de artículos de bisutería: anillos, brazaletes, collares y artículos de bisuterías similares de metales comunes chapados con metales preciosos, joyas

- que contienen piedras de imitación, como diamantes u otras gemas de imitación y similares, incluido la fabricación de correas de metal para relojes (excepto las de metales preciosos).
- iii. También, el 1% (C3211.06) corresponden a empresas encargadas del servicio de apoyo a la fabricación de joyas y artículos conexos como: grabado de objetos personales de metales preciosos y de metales no preciosos, a cambio de una retribución o por contrato.
 - iv. Los datos indican también que el 1% (C3211.03) se dedica a la fabricación de artículos de orfebrería elaborados con metales preciosos o metales comunes chapados con metales preciosos: cuberterías, vajillas y servicios de mesa, artículos de tocador, artículos de escritorio y oficina, artículos de uso religioso, etcétera.
 - v. Y finalmente un reducido porcentaje de 0.27% se dedica a la producción de perlas labradas, piedras preciosas y semipreciosas labradas, incluida la producción de piedras de calidad industrial y de piedras preciosas y semipreciosas sintéticas y reconstruidas, talla de diamantes.
 - vi. El valor de los activos en los años 2015 y 2016 presenta ligeras variaciones de año a año, sin embargo, es una constante que la mayor participación corresponde a las empresas dedicadas a la fabricación de joyas de metales preciosos o de metales comunes chapados con metales preciosos, de piedras preciosas y semipreciosas; y de combinaciones de metales preciosos y piedras preciosas y semipreciosas y otros materiales, incluido la fabricación de correas y cintas para relojes, pulseras y pitilleras de metales preciosos. A continuación, la evolución de los activos por actividad en los últimos tres años:

Tabla 10
Valor de activos del sector joyero por actividad económica, en US\$

Periodo	Dólares americanos, US\$				Porcentaje
	2017	2016	2015	Promedio	
C3211.01	40,000	67,696	41,696	49,797	0%
C3211.02	11,777,482	11,671,596	11,137,750	11,528,943	80%
C3211.03	79,406	96,923	87,557	87,962	1%
C3211.06	110,428	109,156	110,786	110,123	1%
C3212.01	2,805,082	2,796,928	2,120,631	2,574,214	18%
Total C321	14,812,397	14,742,299	13,498,420	14,351,039	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- b. Al 31 de diciembre de 2017, las empresas con mayor participación de activos en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos son como sigue a continuación:

Tabla 11
Empresas con mayor participación de activos en el ramo de joyería 2017

Denominación	CIU	US\$ 2017	%
Joyería Guillermo Vázquez S.A.	C3211.02	7,938,851	54%
Agnimetales S.A.	C3211.02	2,464,904	17%
Bijoux & Accessories S.A. Bijoacsa	C3212.01	1,157,192	8%
Cadromell S.A.	C3212.01	956,029	6%
Manufacturas de Metales Preciosos Cia. Ltda. Mademp	C3211.02	450,250	3%
Maquilas Superiores Luque Quality Masuq S.A.	C3211.02	371,408	3%
Soltagua S.A.	C3212.01	240,156	2%
Funtimecorp S.A.	C3211.02	224,206	2%
Relojecador S.A.	C3212.01	201,524	1%
Wengimportadora S.A.	C3212.01	141,292	1%
Sanesjo S.A.	C3211.02	127,367	1%
Varios		539,217	4%
Total		14,812,397	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

La Compañía con mayor valor de activos en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos es la Joyería Guillermo Vázquez S.A. que representa más del 50% de los activos totales del ramo.

3.4.2. Ventas del sector orfebre del país

La evolución de las ventas en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos es cómo sigue a continuación:

Gráfico 14
Evolución ventas en el ramo joyería 2015-2017, en US\$



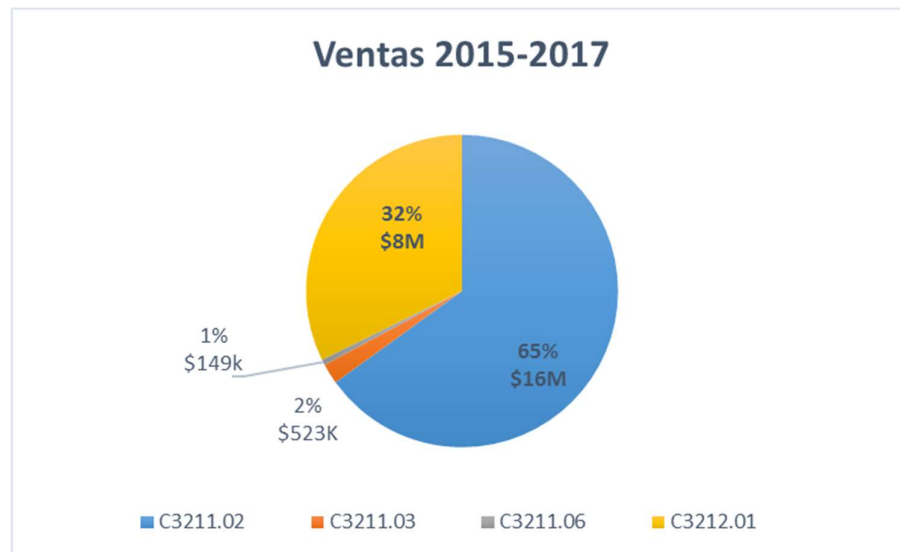
Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.

Elaboración propia

Al comparar las ventas de los años 2016 y 2015, se presenta una variación de US\$1.5 millones, que representa una disminución del 16% de las ventas en el 2016 frente al 2015. También, las ventas en el año 2017 decrecieron en un 8% frente al 2016.

a. El total de ventas acumuladas de los años 2015, 2016 y 2017 en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos por subactividad es la siguiente:

Gráfico 15
Ventas acumuladas de los años 2015-2017 por subactividad, en US\$



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia.

El 65% (C3211.02) de las ventas acumuladas del sector de los periodos 2015, 2016 y 2017, estaba formado por empresas dedicadas a la fabricación de joyas de metales preciosos o de metales comunes chapados con metales preciosos, de piedras preciosas y semipreciosas; y de combinaciones de metales preciosos y piedras preciosas y semipreciosas y otros materiales, incluido la fabricación de correas y cintas para relojes, pulseras y pitilleras de metales preciosos; seguidamente el 32% de empresas (C3212.01) se dedican a la fabricación de artículos de bisutería: anillos, brazaletes, collares y artículos de bisuterías similares de metales comunes chapados con metales preciosos, joyas que contienen piedras de imitación, como diamantes u otras gemas de imitación y similares, incluido la fabricación de correas de metal para relojes (excepto las de metales preciosos).

b. Las empresas con mayor participación en ventas en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos, según el total de ventas reportadas en los años 2015, 2016 y 2017 son como sigue a continuación:

Tabla 12
Empresas con mayor participación en ventas en el ramo de joyería, 2015-2017

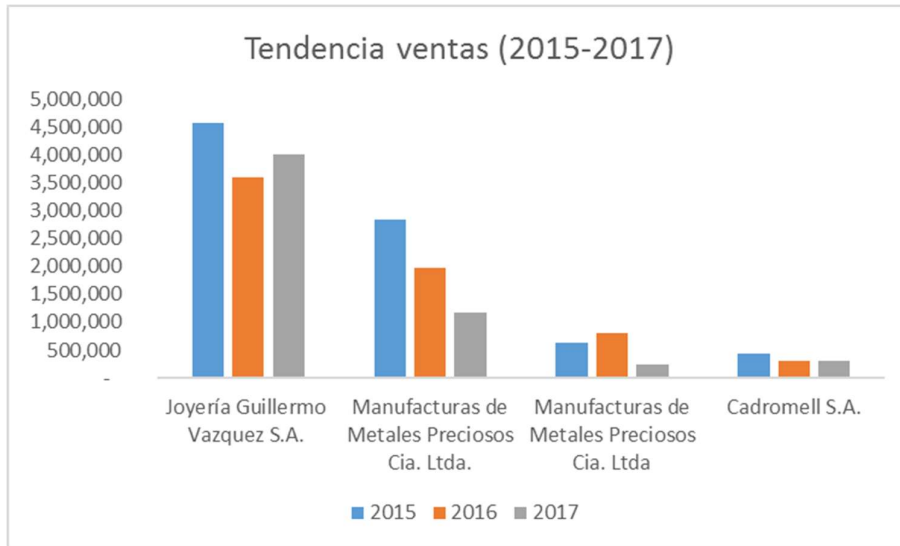
Denominación	CIU	Total US\$	Porcentaje
Joyería Guillermo Vázquez S.A.	C3211.02	12,183,465	49%
Bijoux & Accessories S.A. Bijoaccsa	C3212.01	5,971,253	24%
Manufacturas de Metales Preciosos Cia. Ltda. Mademp	C3211.02	1,674,239	7%
Cadromell S.A.	C3212.01	1,062,896	4%
Talleres Guayasamín S.A.	C3211.02	658,436	3%
Agnimetales S.A.	C3211.02	575,516	2%
Wengimportadora S.A.	C3212.01	503,987	2%
Novagems S.A.	C3211.03	501,515	2%
Sanesjo S.A.	C3211.02	358,134	1%
Relojecuator S.A.	C3212.01	278,128	1%
Industrias Vaezco Cia. Ltda.	C3211.02	242,399	1%
Otros		948,440	4%
Total		24,958,408	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

La Compañía con mayor volumen de ventas acumuladas por los periodos 2015, 2016 y 2017 en el ramo de joyería, bisutería y artículos conexos es la Joyería Guillermo Vázquez S.A. que representa más el 49% de las ventas totales del ramo.

- c. A continuación, se presenta el comportamiento de ventas de las 4 principales empresas entre los años 2015 y 2017, que superan ventas acumuladas de US\$1 millón por los periodos 2015 y 2017:

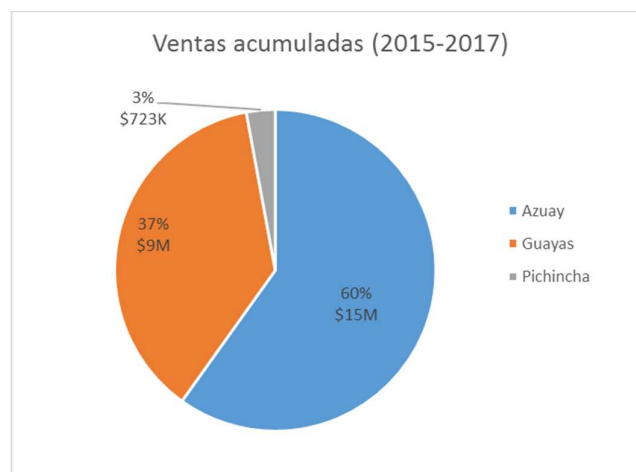
Gráfico 16
Ventas de las principales empresas del sector joyero del país, 2015-2017, en US\$



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- d. Las provincias con mayor participación en la venta de joyería, bisutería y artículos conexos, según las ventas entre el 2015 y 2017 es como sigue a continuación:

Gráfico 17
Provincias con mayor participación en ventas de joyería, 2015-2017, en US\$



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.

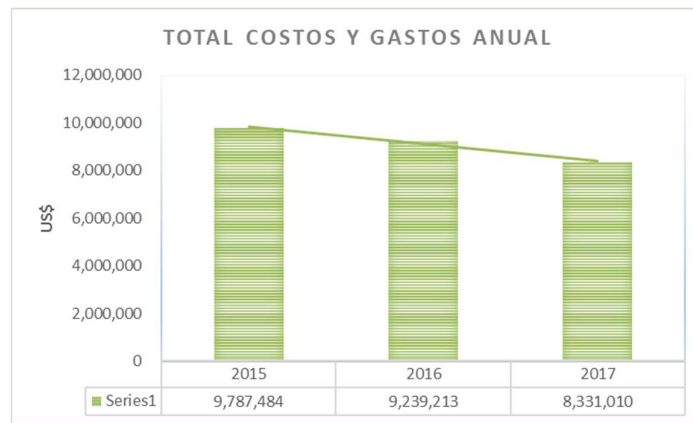
Elaboración propia

La provincia con mayor participación en el ramo según las ventas reportadas entre los periodos 2015 y 2017 es Azuay con un 60% de cobertura, seguida de la provincia de Guayas y Pichincha con el 37% y 3%, respectivamente. Las principales empresas en este la provincia de Azuay son: Joyería Guillermo Vázquez S.A., Manufacturas de Metales Preciosos Cia. Ltda., Agnimetales S.A.

3.4.3. Costos y gastos del sector orfebre del país

Los costos y gastos al igual que las ventas han ido decreciendo en el último periodo, como muestra la siguiente gráfica:

Gráfico 18
Costos y gastos del sector orfebre de los años 2015-2017, en US\$



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Las costos y gastos en el 2016 son inferiores en un 6% en comparación al año 2015 (las ventas decrecieron en un 19% en este periodo) y los costos y gastos del 2017 decrecieron en un 10% frente al periodo anterior (las ventas disminuyeron en un 8% frente al periodo 2016).

Los costos y gastos en los últimos 3 periodos han sido superiores a las ventas, como se muestra a continuación:

Gráfico 19
Ventas vs. costos y gastos de los periodos 2015-2017, en US\$

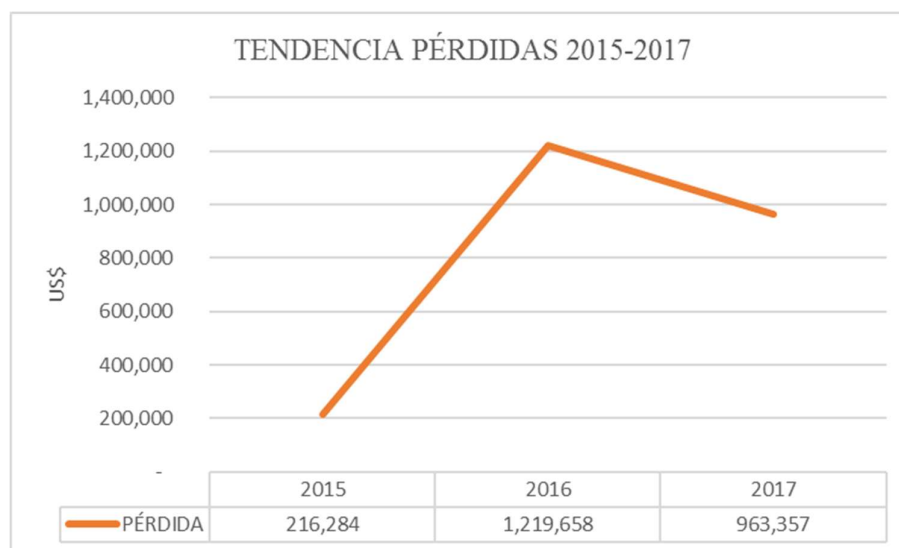


Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.4.4. Resultados del sector orfebre del país

Las pérdidas del año 2016 se incrementaron 5 veces el valor de la pérdida del año 2015, y las pérdidas del año 2017 disminuyeron en un 21% en comparación con la pérdida del 2016, como se muestra a continuación:

Gráfico 20
Reporte de pérdidas en el sector orfebre en los periodos 2015-2017



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Un análisis del entorno del país que ha provocado pérdidas en el sector se detalla en la sección 6 de este capítulo.

Las empresas con mayor pérdida reportada en el año 2017 son las siguientes:

Tabla 13
Empresas con mayor pérdida reportada en el año 2017

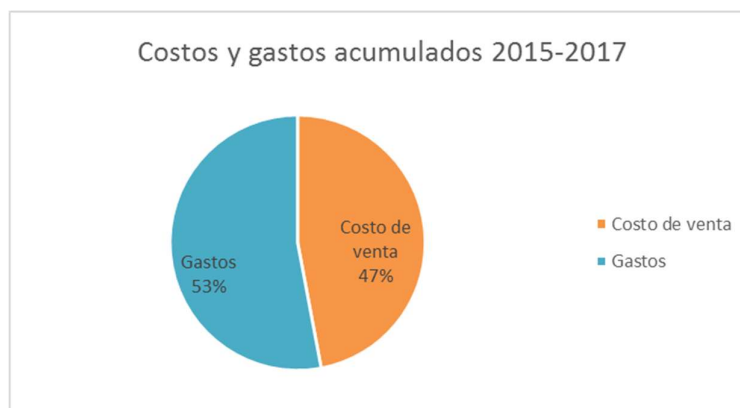
Empresa	Pérdidas 2017 US\$
Joyería Guillermo Vásquez S.A.	423,860
Agnimetales S.A.	467,093
Manufacturas de Metales Preciosos Cia. Ltda.	103,357

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.4.5. Análisis de los componentes de los costos y gastos por año.

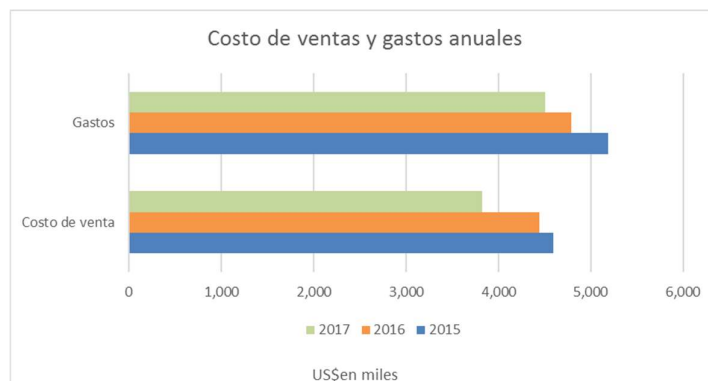
Los gastos en el ramo de la joyería, bisutería y artículos conexos acumulados entre los periodos 2015 – 2017 son de US\$14.5 millones, esta cifra es superior en un 13% al monto reportado como costo de ventas, que es de US\$12.8 millones; de esta manera, el porcentaje de participación de los costos y gastos del sector durante este periodo es del 53/47, es decir 53% costo, 47% gastos, como se muestra a continuación:

Gráfico 21
Costos y gastos acumulados 2015-2017, en porcentaje



Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Gráfico 22

Costo de ventas y gastos anuales 2015-2017, en miles de US\$

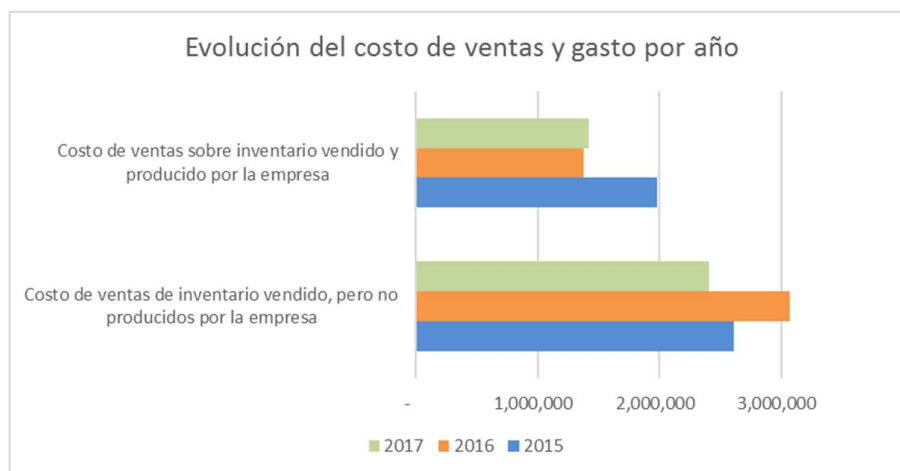
Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.

Elaboración propia

El costo de ventas de estas empresas se genera de dos actividades complementarias:

- i. Costo de ventas de inventario vendido, pero no producidos por la empresa. Este rubro representa el 63% del costo de ventas total (US\$8.08 millones de costo de venta acumulado entre los años 2015 y 2017)
- ii. Costo de ventas sobre inventario vendido y producido por la empresa y representa el 37% del costo de ventas total (US\$4.7 millones de costo de venta acumulado entre los años 2015 y 2017).

Gráfico 23

Evolución del costo de ventas y gastos por año 2015-2017, en US\$

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

3.4.6. Componentes del costo de ventas en el sector joyero

Según los casilleros del Formulario Único para la declaración del impuesto a la renta y presentación de balances de sociedades y establecimientos permanentes reportados a la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, los componentes del costo de ventas de las empresas que producen joyas, bisutería y artículos conexos es cómo sigue a continuación:

Tabla 14
Desglose de los componentes del costo de ventas en el sector joyero

Nombre de Cuenta	Subtotal US\$	% (*)	Costo de venta acumulado 2015-2018 US\$
Costo de venta inventario no producidos por el sujeto pasivo			8,083,353
Costo de venta sobre inventario producido internamente			4,784,562
Costo de venta por materia prima utilizada	2,933,872	61%	
Costo sueldos salarios y demás remuneraciones que constituyen materia gravada del IESS	739,659	15%	
Costo otros gastos	323,597	7%	
Costo beneficios sociales indemnizaciones y otras remuneraciones que no constituyen materia gravada del IESS	229,878	5%	
Costo aporte a la seguridad social incluye fondo de reserva	145,744	3%	
Costo depreciación no acelerada de propiedades planta y equipo	132,683	3%	
Costo suministros y materiales	84,009	2%	
Costo servicios públicos	37,442	1%	
Costo otras amortizaciones	27,802	1%	
Costo honorarios profesionales y dietas	26,743	1%	
Costo mermas	21,652	0%	
Costo mantenimiento y reparaciones	20,947	0%	
Costo provisiones para desahucio	20,098	0%	
Costo seguros y reaseguros primas y cesiones	15,831	0%	
Costo gastos por depreciación otras depreciaciones	12,070	0%	
Costo otros gastos por beneficios a los empleados	10,367	0%	
Costo gastos por depreciaciones del costo histórico de propiedades, planta y equipo acelerada	1,650	0%	
Costo impuestos contribuciones y otros	519	0%	
Total costo de venta	4,784,562	100%	12,867,915
(*) Porcentaje por componente del costo de venta producido y vendido sobre el total del costo de venta sobre inventario producido internamente.			

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

El costo de venta del inventario no producido por el sujeto pasivo (o empresas en incluidas en este análisis) fue de US\$8,08 millones acumulados entre los años 2015 y 2017 y representa el 63% del costo de venta total. Durante este periodo el inventario no producido por el sujeto pasivo tuvo el siguiente movimiento transaccional que genera la cifra anteriormente mencionada:

Tabla 15
Movimiento de inventario acumulado 2015-2017 no producidos por el sujeto pasivo

Nombre cuenta	Valores US\$
Saldo inicial de inventario (1de enero de 2015)	5,443,652
Costo compras locales netas (2015-2017)	2,823,375
Costo importaciones (2015-2017)	4,427,157
Costo inventario final (31 de diciembre de 2017)	(4,610,830)
Costo de ventas acumulado 2015-2017	8,083,353

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Las compras realizadas durante los 3 periodos (2015 – 2017) totalizan US\$7.2 millones; 39% son compras locales y 61% son importaciones, US\$2.8 y US\$4.4 millones, respectivamente. Esta información revela que estas empresas, pese a que están registradas en la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros como empresas manufactureras, el 63% de su operación corresponde a comercialización de productos fabricados por terceros y la mayoría de las compras para comercialización corresponden a importaciones (61% del total de compras). Esta situación podría indicar que las empresas manufactureras mantienen su estatus de productoras, con una baja participación en producción interna, para mezclar los productos importados con los producidos por la empresa y de esta manera colocar en el mercado el 100% de estos productos (comprados y producidos) como realizados por la empresa.

El principal componente del costo de ventas para las empresas que producen joyas, bisutería y artículos conexos, es la materia prima que constituye, según se muestra en la Tabla 14, representa el 61% del total del costo de ventas de inventario producido internamente, el segundo componente corresponde a gastos de nómina que comprende sueldos, beneficios sociales y aportes al IESS que representa el 23%. Esto indica que los dos rubros anteriores totalizan 84% del total de componentes del costo de ventas producido internamente y el 16% restante corresponde a gastos diversos como: honorarios, servicios básicos, depreciaciones y otros.

Las empresas activas del sector durante el periodo 2015 y 2017 son 26, de este número no todas se dedican a producir joyas. En base a información proporcionada en los casilleros de la declaración de impuesto a la renta de estos periodos se determinó que:

Tabla 16
Detalle de empresas por actividad en el sector joyero, 2015-2017

Tipo de empresa	No. Empresa	Costo de ventas US\$ (2015-2017)	Porcentaje
No producen joyas	13	2,710,901	50%
Solo producen joyas	3	2,113,129	12%
Ambas	10	8,043,885	38%
Total	26	12,867,915	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

El costo de ventas de los bienes fabricados y vendidos es el siguiente por tipo de empresa es el siguiente:

Tabla 17
Costo de ventas bienes producidos y bienes producidos por otros, 2015-2017

Tipo de empresa	costo de ventas US\$ - bienes producidos	costo de ventas US\$ - bienes producidos por otros	Total costo acumulado US\$ 2015 – 2017
Empresas que únicamente fabrican	2,113,129	-	2,113,129
Empresas que fabrican, pero también compran a terceros	2,671,433	5,372,452	8,043,885
Empresas que comercializan, no fabrican	-	2,710,901	2,710,901
Total	4,784,562	8,083,353	12,867,915
Porcentaje	38%	62%	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Este último reporte indica que el costo de ventas de las empresas que se dedican a comercializar bienes producidos internamente representan el 38% (US\$4.7 millones en costo de venta acumulado entre el 2015 y 2017) y el 62% restante corresponde a empresas que únicamente comercializan bienes producidos por terceros (US\$8.08 millones en costo de venta acumulado entre el 2015 y 2017).

- a. Las 3 principales empresas que únicamente producen joyas son:

Tabla 18
Principales empresas que únicamente producen joyas, 2015-2017

Empresa	US\$ costo de ventas acumulado 2015 -2017
Manufacturas de metales preciosos Cia. Ltda.	1,738,520
Agnimetales S.A.	374,109
Fábrica de joyas gold desing 750 C.L.	1,587

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

- b. Las 3 principales empresas que producen joyas, bisutería y artículos conexos, pero también comercializan joyas fabricadas por de terceros (incluye importados):

Tabla 19
Principales empresas que producen joyas y también comercializan productos de terceros, 2015-2017

Empresa	costo de ventas US\$ (bienes producidos)	costo de ventas US\$ (bienes fabricados por otros)	total costo de ventas US\$ 2015-2017
Joyería Guillermo Vázquez S.A.	2,215,257	4,298,236	6,513,493
Wengimportadora S.A.	16,060	454,521	470,581
Cadromell S.A.	187,305	140,839	328,144

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
 Elaboración propia

3.4.7. Componentes de los gastos en el sector joyero

Por otro lado, los principales gastos reportados en los casilleros del Formulario Único para la declaración del impuesto a la renta y presentación de balances de sociedades y establecimientos permanentes reportados a la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, por las empresas incluidas en el sector de joyas, bisutería y artículos conexos son:

Tabla 20
Componentes de los gastos en el sector joyero

Principales rubros de los gastos	US\$ acumulado 2015-2017	Porcentaje
Gasto sueldos salarios y demás remuneraciones que constituyen materia gravada del IESS	4,296,835	30%
Gasto arrendamiento de inmuebles	1,235,814	9%
Gasto beneficios sociales indemnizaciones y otras remuneraciones que no constituyen materia gravada del IESS	1,019,382	7%
Gasto comisiones no relacionadas	659,048	5%
Gasto aporte a la seguridad social incluye fondo de reserva	631,530	4%
Gasto promoción y publicidad	525,936	4%
Gasto impuestos contribuciones y otros	504,471	3%
Gasto depreciación no acelerada de propiedades planta y equipo	460,604	3%
Gasto mantenimiento y reparaciones	332,216	2%
Gastos de transacción (comisiones bancarias, honorarios, tasas, entre otros) no relacionadas local	319,772	2%
Gasto honorarios profesionales y dietas	317,458	2%
Gasto servicios públicos	310,958	2%
Gasto intereses con instituciones financieras no relacionadas exterior	273,807	2%
Gasto suministros y materiales	265,115	2%
Gastos de viaje gasto	240,191	2%
Gasto intereses con instituciones financieras no relacionadas local	216,576	1%
Gasto seguros y reaseguros primas y cesiones	206,230	1%
Gasto transporte	194,328	1%
Gasto intereses pagados a terceros no relacionadas del exterior	154,695	1%
Gasto amortizaciones del costo histórico de activos intangibles	135,090	1%
Gasto intereses pagados a terceros no relacionados local	133,714	1%
Gasto otros gastos por beneficios a los empleados	82,200	1%
Otros gastos (reportada como "otros" en la declaración de impuestos)	1,973,823	11%
Total	14,489,792	100%

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

El reporte de gastos acumulados entre los periodos 2015 y 2017 revela que aproximadamente el 41% de éstos corresponde a pago de sueldos, beneficios sociales y aportes a la seguridad social por un valor de US\$5,9 millones, seguido de arrendamiento de inmuebles que representa el 9% con US\$1.2 millones y comisiones el 5% con US\$0.659 millones. También, el 11% está representada por otros gastos que se encuentran reportados ante el SRI bajo esta denominación por US\$1.9 millones.

3.5. Indicadores Financieros Generales del Sector

- i. Índice de rentabilidad. - No existe un estándar de la industria para comparar este resultado; sin embargo, en estos últimos 3 años, la industria del sector orfebre ha presentado pérdidas netas.

Tabla 21
Índice de rentabilidad, 2015-2017

	2015	2016	2017
Utilidad Neta - US\$	(216,284)	(1,219,658)	(963,357)
Activo Total - US\$	13,498,420	14,742,299	14,812,397
Resultado	(2%)	(8%)	(7%)

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

De las 28 empresas registradas en el sector orfebre, únicamente 12 presentaron utilidades en el 2017 por un monto de US\$68,084; las 16 empresas restantes muestran pérdidas por US\$1,031,441. En el 2015, la pérdida neta fue del 2% sobre el activo total, el 2016 la pérdida se incrementó al 8% y 2017 la pérdida fue del 7%, como se muestra a continuación:

- ii. El ROE (*return on equity*) o retorno del patrimonio en el sector es negativo. En los últimos 3 años el sector no ha logrado generar beneficios a partir de las inversiones realizadas. Como se muestra en la tabla siguiente, el patrimonio del sector ha perdido su valor en aproximadamente 13% en los últimos 3 años:

Tabla 22
Return of equity (ROE), 2015-2017

	2015	2016	2017	Promedio
Utilidad Neta - US\$	(216,284)	(1,219,658)	(963,357)	(799,766)
Patrimonio- US\$	6,546,938	6,445,661	5,537,728	6,176,776
Resultado	(3%)	(19%)	(17%)	(13%)

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- iii. Este índice mide la eficiencia aparente de los gastos derivados de las actividades de la administración de la compañía frente a los ingresos operacionales (Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, 2019). Si la referencia es 1/2 significa que por cada US\$1 en gastos operacionales, se genera US\$2 en ventas. En el sector orfebre, el promedio de ventas por cada US\$1 en gastos operacionales, es de US\$1,94 en los últimos 3 años. El rendimiento por cada US\$1 en gastos operacionales (costo de ventas) ha disminuido a partir del año 2016.

Tabla 23
Resultado operacional, 2015-2017

	2015	2016	2017	Promedio
Gastos operacionales US\$	4,588,516	4,447,355	3,799,393	4,278,422
Ingresos Operacionales US\$	9,571,200	8,019,555	7,367,653	8,319,469
Resultado	2.09	1.80	1.94	1.94

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- iv. Ratio de garantía estructural. - Es también conocido como ratio de solvencia total o distancia a la quiebra. El activo de la garantía para los acreedores de la empresa, y si es inferior a las deudas totales (ratio menor 1), la empresa se encontrará en quiebra técnica (Ortiz, 2013).

Tabla 24
Ratio de garantía estructural

	2015	2016	2017
Activo US\$	13,498,420	14,742,299	14,812,397
Pasivo US\$	6,967,768	8,309,303	9,274,670
Resultado	1.94	1.77	1.60

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

Al analizar los resultados del sector orfebre en el país se puede concluir que el sector no se encuentra en quiebra técnica; sin embargo, la ratio de garantía estructural ha empeorado en los últimos 2 años. Según la gráfica anterior, la ratio ha disminuido un 18% en el 2017 frente al 2015.

- v. Eficiencia en la utilización del activo. – Mide el nivel de eficiencia en la utilización del activo total, es decir se analiza el valor de las ventas por cada dólar en activos en la compañía. En el sector orfebre, la eficiencia en la utilización del

activo ha ido disminuyendo, es decir por cada dólar en activos el sector está generando menor valor en ventas, como se muestra a continuación:

Tabla 25
Eficiencia en la utilización del activo

	2015	2016	2017
Ventas US\$	9,571,200	8,019,555	7,367,653
Activo total US\$	13,498,420	14,742,299	14,812,397
Resultado	0.71	0.54	0.50

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- vi. Rentabilidad en ventas. – Este índice muestra la utilidad o pérdida por cada dólar vendido. En el caso del sector orfebre, los últimos 3 años el sector presenta pérdidas; por cada dólar vendido en promedio la pérdida fue de US\$0.10. La pérdida por cada dólar vendido se incrementó considerablemente a partir del año 2016, como se muestra a continuación:

Tabla 26
Rentabilidad en ventas, 2015-2017

	2015	2016	2017	Promedio
Utilidad (pérdida) neta US\$	(216,284)	(1,219,658)	(963,357)	(799,766)
Ventas US\$	9,571,200	8,019,555	7,367,653	8,319,469
Resultado	-0.02	-0.15	-0.13	-0.10

Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

- vii. Margen bruto. - A diferencia del análisis de rentabilidad en ventas, que incluye todos los costos y gastos, éste ratio considera únicamente el costo de ventas. Es decir, se obtendrá el valor ganado o perdido por cada dólar en ventas, considerando únicamente los costos de ventas o producción, como se muestra a continuación:

Tabla 27
Margen bruto

	2015	2016	2017	Promedio
Ventas - Costo de ventas US\$	4,982,684	3,572,199	3,568,260	4,041,048
Ventas US\$	9,571,200	8,019,555	7,367,653	8,319,469
Resultado	0.52	0.45	0.48	49%

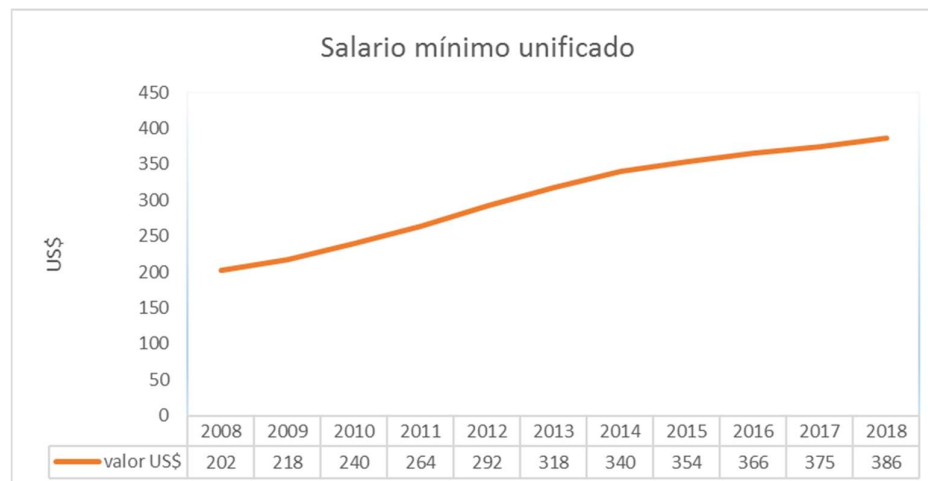
Fuente: Base de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
Elaboración propia

En el sector orfebre, el margen bruto ha sido positivo; es decir que el precio de venta ha superado el costo de fabricación y/o comercialización de los productos. Como consecuencia, la pérdida neta que presenta el sector orfebre en los últimos 3 años obedece a que los gastos administrativos y de ventas superan el margen bruto.

3.6. Análisis entorno país que podría provocar las pérdidas del sector y análisis de competitividad actual.

Las pérdidas reportadas en el sector de la joyería, bisutería y artículos conexos están asociadas con el estancamiento del consumo privado debido principalmente con la abrupta caída de los precios del petróleo entre 2014 y 2015 que afectó la actividad económica del país y al desempeño de las finanzas públicas; el precio promedio del crudo ecuatoriano cayó de US\$84,1 por barril en 2014 a US\$35 en 2016. Esto generó una reducción en los ingresos petroleros de casi el 4,5% del PIB en 2015 (BID, 2018). Además, los salarios reales en Ecuador han venido creciendo a un ritmo mayor que la productividad laboral. Los salarios en la última década han mostrado un crecimiento promedio anual del 7%.

Gráfico 24
Crecimiento del salario mínimo unificado, 2008-2018



Fuente: Banco Central del Ecuador. Estadísticas salario unificado y componentes salariales
Elaboración propia

El crecimiento promedio del salario mínimo unificado en los últimos tres años es del 3%; este porcentaje contrasta con el decremento en un 12% de las ventas en este mismo periodo. En adición, el incremento promedio en la última década del 7% va acompañado de costos directos asociados como son los beneficios sociales obligatorios que representa un 41% adicional a cualquier incremento sobre salario mínimo unificado.

De esta manera, si el incremento es de US\$7 en salario básico unificado, el empleador debe prever un incremento en beneficios sociales de US\$3, finalmente los gastos totales se incrementan en US\$10. En conclusión, cada incremento en salario básico unificado tiene un impacto del 1.41 en el estado de resultados del empleador, como se muestra a continuación:

Gráfico 25
Impacto por incrementos salariales en el estado de resultados

Componente	US\$
Sueldo mínimo unificado 2018	386.00
Décimo tercer sueldo	32.17
Décimo cuarto sueldo	32.17
Fondos de reserva (antigüedad mayor a 1 año)	32.17
Vacaciones	16.08
Aporte patronal (12.15%)	46.90
Costo total directo para el empleador	545.48
Costo total / Sueldo mínimo unificado	1.41

Fuente: Banco Central del Ecuador. Estadísticas salario unificado y componentes salariales
Elaboración propia

Según el Estudio de América Latina y el Caribe realizado por la CEPAL emitida en el 2018, en el 2017 los sectores con las caídas anuales de precio más significativas fueron los de prendas de vestir y calzado (-4,17%), muebles y artículos para el hogar (-1,4%), bebidas alcohólicas y tabaco (-1,39%), y alimentos y bebidas no alcohólicas (-0,23%). En el rubro “vestir y calzado” se encuentran las estadísticas sobre joyas. Evidentemente la caída en este sector afecta directamente al sector orfebre del país.

Otro factor es que el Ecuador mantiene una estructura productiva poco diversificada y una posición de competitividad relativamente baja, en gran medida por las importaciones de productos terminados de China cuyos costos de importación son inferiores a los costos de producción en el país. En efecto, a pesar de los esfuerzos realizados por el Gobierno Central para diversificar su matriz productiva, en líneas generales la estructura productiva y el perfil exportador del país no han experimentado cambios significativos. De acuerdo con el Informe de Competitividad Global (2017), Ecuador se encuentra en el puesto 86 de 140 en el 2018, como se muestra a continuación según cifras reportadas por el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2017 y 2018):

Tabla 28
Ubicación del Ecuador en el Informe de Competitividad Global, 2012-2017

Período	Puesto	Puntaje de ejecución (*)	Fuente
2017 -2018	86/140	Cambio metodología (*)	Informe 2018
2016-2017	91/138	4 (**)	Informe 2017
2015-2016	76/140	4.1 (**)	Informe 2017
2013-2014	71/148	4.2 (**)	Informe 2017
2012-2013	86/144	3.9 (**)	Informe 2017
(*) Desde el año 2018, la metodología de evaluación es de 0 a 100			
(**) La metodología de puntuación es de 0 a 7			

Fuente: Foro Económico Mundial -Informe anual de competitividad global año 2017 y 2018
Elaboración propia

El Foro Económico Mundial cataloga como competitividad al conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país. Los factores analizados para determinar el índice de competitividad por país, utilizado por el Foro Económico Mundial son:

Tabla 29
Componentes de la evaluación de competitividad 2018

1. El nivel institucional del país	7. Mercado de productos (*)
2. Infraestructura	8. Mercado laboral
3. Sistemas de información y comunicación (ICT por sus siglas en inglés)	9. Sistema financiero
4. Estabilidad Macroeconómica	10. Tamaño de mercado
5. Salud	11. Dinamismo en los negocios
6. Habilidades (enfocadas al área de educación y capacitación)	12. Capacidad de innovación
(*) Eso significa que las empresas producen los bienes y servicios más deseados por los clientes y los venden al precio más bajo posible.	

Fuente: Foro Económico Mundial -Informe anual de competitividad global año 2017 y 2018
Elaboración propia

Para el año 2018, los componentes y la metodología de evaluación se modificó, hasta el año 2017, el rango de evaluación consistía en un puntaje de entre 0 a 7 por componente de competitividad, a partir del año 2018, el puntaje es de 0 a 100. A continuación, se muestran los resultados del informe anual de competitividad para Ecuador en el 2018:

Gráfico 26
Resultados del informe anual de competitividad para Ecuador en el 2018



Fuente: Foro Económico Mundial -Informe anual de competitividad global año 2018

En cuanto a la capacidad de innovación, el Ecuador se ubica en el puesto 88 de 140 países según el reporte del Foro Económico Mundial publicada en el 2018, en este pilar se evalúa la cantidad y calidad de la investigación y desarrollo formal; la medida en que el entorno de un país fomenta la colaboración, la conectividad, la creatividad, la diversidad y la confrontación a través de diferentes visiones y ángulos; y la capacidad de convertir ideas en nuevos bienes y servicios (World Economic Forum, 2018)

También, el Ecuador se ubica en el puesto 129 (índice más bajo en cumplimiento) de 140 países en cuanto a dinamismo económico que se traduce en la capacidad del sector privado para generar y adoptar nuevas tecnologías (incluyendo a la impresión en 3D) y nuevas formas de organizar el trabajo, a través de una cultura que abarca el cambio, el riesgo, los nuevos modelos de negocios y las reglas administrativas que permiten a las empresas ingresar y salir del mercado fácilmente. Un sector privado ágil y dinámico aumenta la productividad al tomar riesgos comerciales, probar nuevas ideas y crear productos y servicios innovadores. En un entorno caracterizado por la frecuente disrupción y redefinición de empresas y sectores, los sistemas económicos exitosos son resilientes a los choques tecnológicos y pueden reinventarse constantemente a sí mismos. (World Economic Forum, 2018).

3.7. Análisis de ventas del país en los últimos años.

Durante los últimos años, el sector empresarial del país ha disminuido su nivel de ventas frente al año 2014, como muestran los siguientes datos:

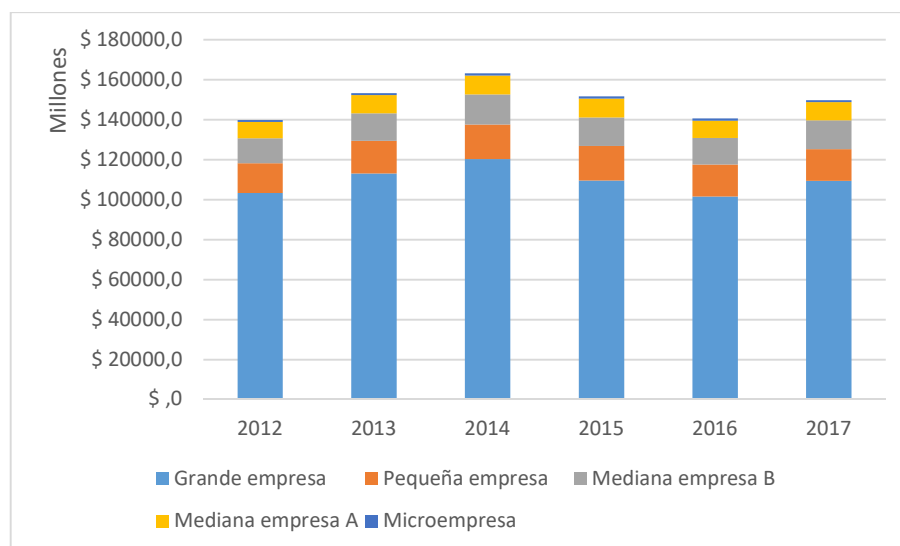
Tabla 30
Reporte de ventas del país en US\$, 2012-2017

Ventas totales por Tamaño de Empresa						
Tamaño de Empresa	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Grande empresa	\$ 103.291.700.747	\$ 113.020.850.223	\$ 120.305.992.812	\$ 109.636.146.436	\$ 101.532.871.292	\$ 109.250.904.525
Pequeña empresa	\$ 14.916.798.061	\$ 16.243.174.449	\$ 17.282.960.627	\$ 17.117.989.302	\$ 16.025.165.119	\$ 16.047.785.405
Mediana empresa B	\$ 12.525.049.013	\$ 13.969.420.333	\$ 14.978.214.958	\$ 14.240.394.882	\$ 13.260.276.890	\$ 14.271.038.559
Mediana empresa A	\$ 8.082.980.398	\$ 8.917.232.615	\$ 9.416.033.962	\$ 9.480.218.425	\$ 8.638.406.878	\$ 9.096.266.029
Microempresa	\$ 1.020.682.345	\$ 1.117.712.427	\$ 1.181.073.982	\$ 1.185.922.137	\$ 1.222.251.767	\$ 1.112.051.934
	\$ 139.837.210.564	\$ 153.268.390.047	\$ 163.164.276.341	\$ 151.660.671.182	\$ 140.678.971.946	\$ 149.778.046.452

Fuente: INEC / Directorio de Empresas/Indicadores Nacionales
Elaboración propia

Gráfico 27

Ventas totales por tamaño de empresa, 2012-2017



Fuente: INEC / Directorio de Empresas/Indicadores Nacionales
Elaboración propia

Tabla 31
Comparación de ventas en los últimos años por tipo de empresa

Tipo empresa	2015 vs 2016 positivo = incremento negativo = disminución	2016 vs 2017 positivo = incremento negativo = disminución	Porcentaje 2015 vs 2016	Porcentaje 2016 vs 2017
Grande empresa	(8,103,275,144)	7,718,033,233	-7%	8%
Pequeña empresa	(1,092,824,183)	22,620,286	-6%	0.1%
Mediana empresa B	(980,117,992)	1,010,761,669	-7%	8%
Mediana empresa A	(841,811,547)	457,859,151	-9%	5%
Microempresa	36,329,630	(110,199,833)	3%	-9%

Fuente: INEC / Directorio de Empresas/Indicadores Nacionales
Elaboración propia

Capítulo tercero

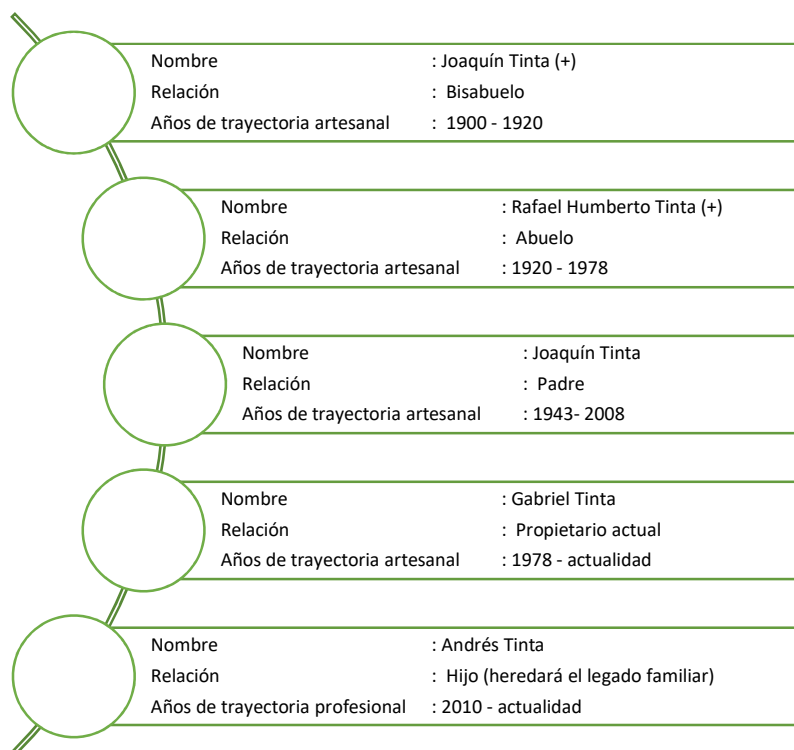
Análisis de los costos de producción actuales y determinación de los costos de producción mediante la utilización de la impresión 3D de Talleres Tinta.

1. Estructura organizacional y entendimiento del negocio de Talleres Tinta

i. Historia de Talleres Tinta

Talleres Tinta es un taller artesanal dedicado, desde hace más de 100 años, a la orfebrería en plata y actualmente a la creación de esculturas pequeñas y medianas. El taller se encuentra liderado por Gabriel Tinta quien es su dueño desde hace 15 años, cuando adquirió el taller a través de una compra a su padre, el Sr. Joaquín Tinta. Existen actualmente 5 generaciones de reconocidos artesanos joyeros Tinta. A continuación, se recoge la relación familiar, los nombres y años de trayectoria artesanal en un lapso de 118 años:

Gráfico 28
Trayectoria artesanal de Talleres Tinta



Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

Las dos primeras generaciones de orfebres se dedicaron a fabricar artículos religiosos como custodios, copones, cáliz y candelabros de plata. De acuerdo con Gabriel Tinta, en esa época estos metales se obtenían de las monedas de circulación que al ser fundidas a altas temperaturas se logra separar al cobre y la plata.

La siguiente generación de orfebres corresponde a Joaquín Tinta; durante su administración, trabajó con el reconocido pintor Oswaldo Guayasamín que inició en la década de los 70. En una entrevista realizada al diario El Comercio en Ecuador, en el año 2015, Joaquín Tinta reveló: “Durante 40 años fui el brazo ejecutor de las joyas del maestro Guayasamín; él traía los dibujos, siempre de motivos prehispánicos, de varias culturas antiguas, hechos con lápiz o grafito; yo elaboraba las joyas, en oro o en plata, era mi gran amigo, fuimos un dúo de arte y creatividad”. El proceso de trabajo con Oswaldo Guayasamín, según Gabriel Tinta, fue el siguiente:

Gráfico 29
Proceso de trabajo con el pintor Oswaldo Guayasamín



Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

Es en este periodo tiempo que Talleres Tinta logra mayor reconocimiento en la comunidad Quiteña y crecimiento; con más de 14 operarios activos. En la década de los 80 y 90, entre sus principales clientes estaban: Oswaldo Guayasamín (hasta su fallecimiento), hoteles, aeropuerto, y almacenes exclusivos de Quito. Sus principales objetos de venta eran figuras precolombinas y tenían su fuerza de venta en el sector turístico.

En el 2004, Gabriel Tinta asume el control del Taller. En estos años el Taller ha modificado sus diseños a productos más modernos y minimalistas. Entre sus principales productos están la joyería y la fabricación de esculturas en formato pequeño. Gabriel estudio Artes en la Universidad Central del Ecuador y su principal potencialidad, a más de ser Maestro Artesano es la creatividad.

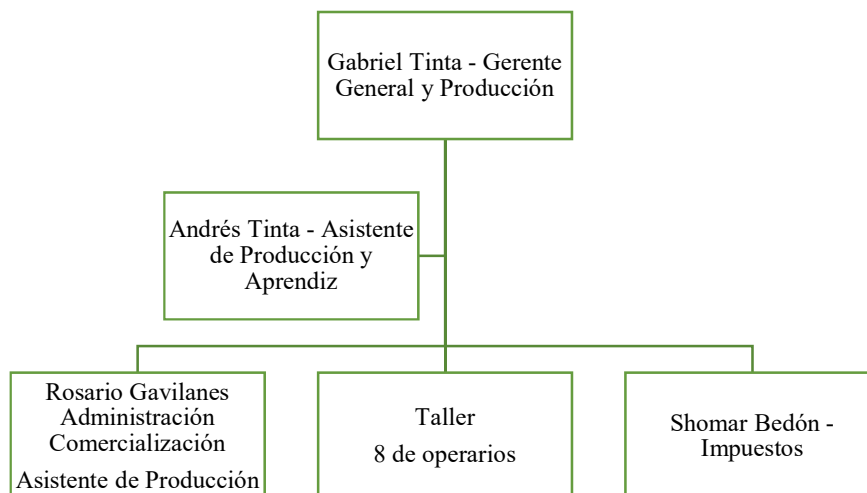
En el futuro cercano, se proyecta que Andrés Tinta (quinta generación) asuma el control del Taller. Andrés es Ingeniero en Diseño Industrial y actualmente se encuentra como aprendiz en el Taller.

i. Personería Legal

Actualmente la figura legal de Talleres Tinta se mantiene bajo la representación legal de Gabriel Tinta, como una persona natural no obligado a llevar contabilidad. Posee un número de RUC como persona natural y está obligado a realizar declaraciones semestrales de IVA y una declaración anual de impuesto a la renta. Gabriel Tinta posee la calificación de Maestro Orfebre otorgada por la Junta Nacional de Defensa del Artesano (JNDA). El taller se encuentra en la Calle Río Frío y Abdón Calderón en Sangolquí.

ii. Organigrama actual

Gráfico 30
Organigrama estructural actual de Talleres Tinta



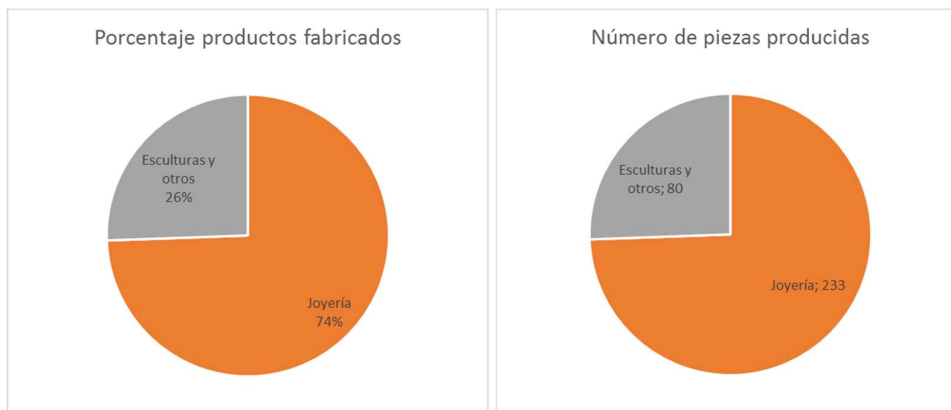
Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

iii. Productos que vende Talleres Tinta

Para Gabriel Tinta, los productos y sus diseños cambian constantemente según las necesidades del mercado. Actualmente el Taller divide su operación en dos segmentos:

- a) Joyería
- b) Esculturas de formato pequeño

Gráfico 31
Porcentaje de productos fabricados y número de piezas producidas



Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

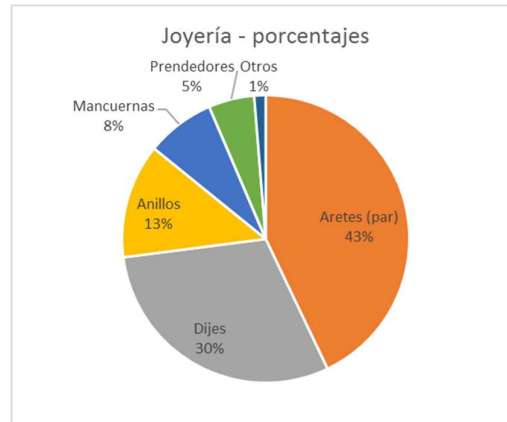
En promedio, el taller fabrica 313 productos al mes, 233 piezas de Joyería y 80 piezas de esculturas de formato pequeño (figuras de fauna). En joyería los productos fabricados en promedio al mes son los siguientes:

Tabla 32
Productos fabricados en joyería al mes en Talleres Tinta

Tipo de joya	No. Piezas/mes
Aretes (par)	100
Dijes	70
Anillos	30
Mancuernas	18
Prendedores	12
Otros	3
Subtotal	233

Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

Gráfico 32

Porcentaje por tipo de productos fabricados en joyería al mes

Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

Las piezas con mayor producción en joyería son los aretes y dijes que representan el 43% y 30%, respectivamente. La materia prima utilizada para la elaboración de joyas es la plata; todos sus productos son elaborados con este metal. Por el contrario, para la elaboración de esculturas de formato pequeño (figuras de fauna), el material es el plantón o metal amarillo

Gráfico 33

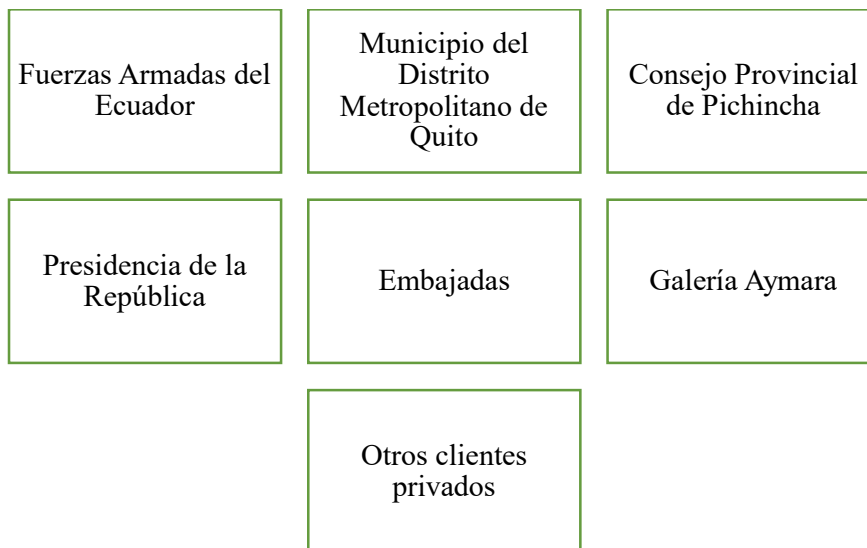
Joya de plata producida

Fuente: anillo diseñado y fabricado por Talleres Tinta.

iv. Clientes

Los principales clientes fijos que adquieren productos en Talleres Tinta son:

Gráfico 34
Principales clientes de Talleres Tinta



Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

Según Talleres Tinta, aproximadamente el 60% de los productos son fabricados bajo pedido para organizaciones públicas. Principalmente son piezas fabricadas que serán posteriormente entregadas como presentes para delegaciones de otras ciudades del país o delegaciones internacionales. El porcentaje restante corresponde a clientes privadas que usualmente buscan exclusividad en los diseños.

Talleres Tinta produce mensualmente 1100 gramos de joyas de plata; sin embargo, existen pedidos con retraso de aproximadamente un mes debido a que su capacidad instalada no le permite producir más unidades. La capacidad real mensual de producción es de 2200 unidades aproximadamente.

v. Competencia

Según Gabriel Tinta, propietario del taller, sus principales competidores son:

Gráfico 35
Principales competidores de Talleres Tinta



Fuente: Información levantada mediante conversatorios con Gabriel Tinta
Elaboración propia

vi. Diferenciadores de éxito

Pese al riesgo de pérdida de clientes que representa la competencia agresiva por importaciones de bisutería china y joyas importadas de Perú, México, Brasil, y China principalmente, Talleres Tinta se mantiene activo en el mercado quiteño porque crea productos exclusivos y personalizados en plata y metal amarillo, factor que se ha convertido en su principal diferenciador de éxito para mantener a sus y atraer a nuevos clientes, de esta manera, se produce:

- i. Joyas y esculturas diseñadas por Talleres Tinta, bajo creatividad propia.
- ii. Diseños personalizados requeridos por sus clientes

vii. Riesgos inherentes al negocio

Para Gabriel Tinta, uno de los riesgos inherentes al negocio joyero constituye la seguridad física debido a los constantes robos a establecimientos dedicados a este giro de negocio. Para mitigar este riesgo, las instalaciones de Talleres Tinta se encuentran adecuadamente resguardado con sistemas de seguridad en línea.

2. Información financiera de Talleres Tinta

Las ventas, costos y gastos, así como la utilidad de Talleres Tinta en los últimos 7 años es como sigue a continuación:

Tabla 33
Reporte de ingresos, costos y gastos de Talleres Tinta, en US\$, 2012-2018

Año	Ingresos	Costos y gastos	Utilidad	Porcentaje utilidad /ingresos
2012	151,541	115,397	36,144	24%
2013	138,198	127,271	10,927	8%
2014	185,137	144,820	40,317	22%
2015	148,960	121,493	27,467	18%
2016	109,711	88,459	21,252	19%
2017	82,742	79,325	3,417	4%
2018	74,564	63,380	11,185	15%
Total	890,852	740,144	150,708	17%

Fuente: Información levantada de las declaraciones proporcionadas por Talleres Tinta
 Elaboración propia

Las ventas totales de Talleres Tinta en los últimos siete años ascienden a US\$890,852 con una utilidad acumulada en estos años de US\$150,708 que presenta el 17% de las ventas totales. A diferencia del sector joyero empresarial, Talleres Tinta ha generado resultados positivos debido principalmente a los beneficios que representa contar con la calificación de taller orfebre. Los años con mayor volumen de ventas corresponde al lapso entre los años 2012 y 2015 como se muestra en la siguiente gráfica:

Tabla 34
Ranking, mejores años de venta de Talleres Tinta, en US\$, 2012-2017

Año	Ingresos	Ranking
2012	151,541	2do
2013	138,198	4to
2014	185,137	1ero
2015	148,960	3ero
2016	109,711	5to.
2017	82,742	6to
2018	74,565	7mo
Total	890,852	

Fuente: Información levantada de las declaraciones proporcionadas por Talleres Tinta
 Elaboración propia

Desde el año 2016 al 2018 las ventas empiezan a descender debido a la disminución del consumo de parte de clientes personales e institucionales, estos últimos debido a recortes en presupuestos que limitan el nivel de compras. La variación de ventas entre los siete años en análisis se muestra a continuación:

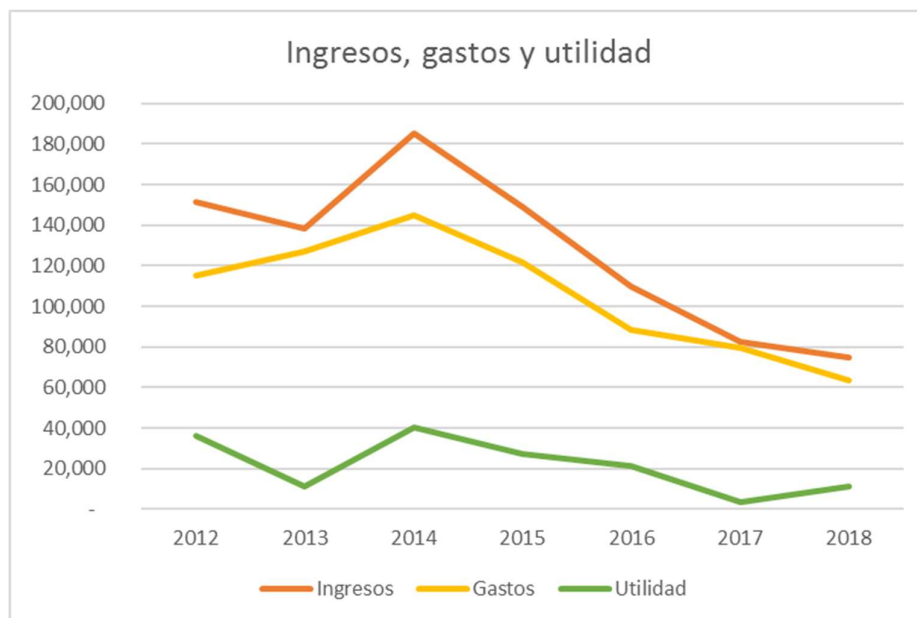
Tabla 35
Variación de ventas entre los años 2012 y 2017, en US\$, en Talleres Tinta

Año	Ingresos	Porcentaje representación ventas	Variación anual ventas	Variación anual ventas
2012	151,541	17%		
2013	138,198	16%	13,343	9%
2014	185,137	21%	- 46,939	-34%
2015	148,960	17%	36,177	20%
2016	109,711	12%	39,249	26%
2017	82,742	9%	26,969	25%
2018	74,565	8%	8,177	10%
Total	890,852	100%		

Fuente: Información levantada de las declaraciones proporcionadas por Talleres Tinta
Elaboración propia

La tendencia de ventas, costos y gastos y utilidades es como sigue a continuación:

Gráfico 36
Tendencia de ingresos, gastos y utilidades en Talleres Tinta, 2012-2017



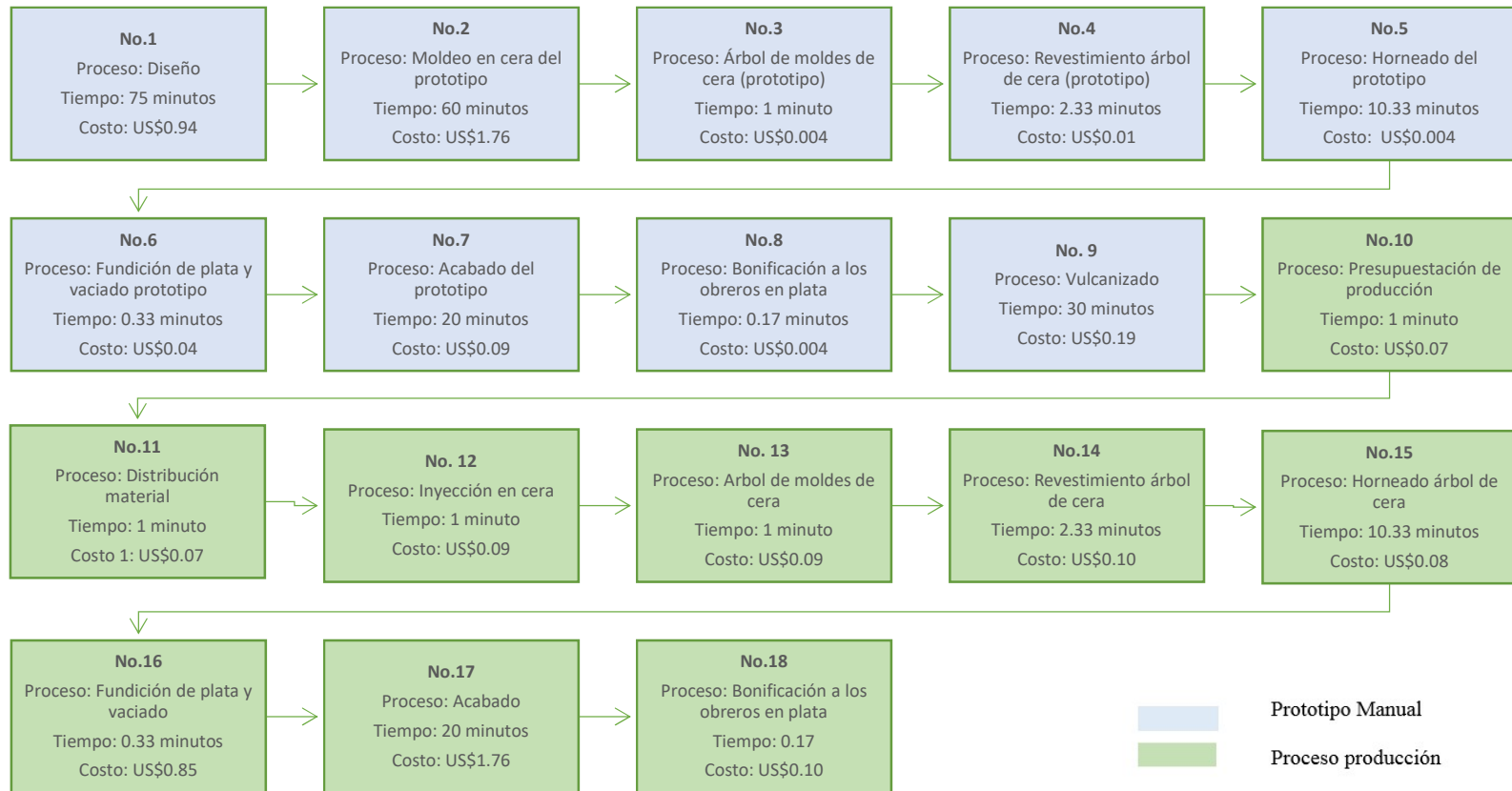
Fuente: Información levantada de las declaraciones proporcionadas por Talleres Tinta
Elaboración propia

Como se muestra en la gráfica anterior, las ventas de Talleres Tinta han disminuido considerablemente a partir del año 2014 en adelante debido a la disminución de pedidos por parte de entidades del estado como por ejemplo el Municipio de Quito, en gran medida por recortes presupuestarios de las entidades del Gobierno Central.

3. Proceso productivo de joyería de Talleres Tinta, con cera perdida o micro fusión (proceso actual)

Consiste en reproducir el metal modelos elaborados en cera (anillos, pendientes, medallas, entre otros); utilizado principalmente en piezas de oro y plata y permite mayores volúmenes de producción (Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia SENA, 2005). Una vez que existe la necesidad de crear nuevas piezas por requerimiento de un cliente o por requerimiento del responsable comercial, Talleres Tinta realiza el siguiente procedimiento para la realización de joyas, tomando como base la fabricación de un gramo de plata, materia prima utiliza para la fabricación de un par de aretes.

Gráfico 37
Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – actual (tradicional)



Fuente y elaboración propias

Descripción del proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido.

Los dieciocho procesos que se realizan actualmente en Talleres Tinta fueron levantados a través de reuniones periódicas con el personal del Taller. No existe un documento que recopile los procesos, los costos y tiempo de producción. De esta manera, para determinar los efectos de la introducción de la impresión en 3D en el proceso orfebre, se levantó todas las actividades de cada proceso, el costo por gramo de joya de plata producido, y el tiempo de producción en minutos por gramo. Durante el proceso de levantamiento de información de los procesos de producción, se diferencié dos fases de procesos:

- i. Procesos para la creación del prototipo, que servirá para producir en promedio 20 joyas reproducidas.
- ii. Proceso para la fabricación de joyas, luego de la creación del prototipo.

Los costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, sin el apoyo de la impresión en 3D, se resume a continuación:

Tabla 36
Resumen de costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, sin el apoyo de la impresión en 3D

Detalle	Medida	Cantidad	Costo	Tiempo en minutos (por 1 gramo producido)
Costo del prototipo	gramo	1.00	3.04	199.17
Costo fabricación de 1 gramo luego de la creación del prototipo	gramo	1.00	3.21	37.17
Total costo de producción por gramo			6.25	236.33

Fuente y elaboración propias

Los costos de fabricación de joyas y costo por gramo producido – actual, así como el tiempo de producción por gramo de joya de plata, sin el apoyo de la impresión en 3D, se resume a continuación por proceso:

Tabla 37

Costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, por proceso

No proceso.	Detalle	Costo	Tiempo en minutos (por 1 gramo producido)
1	Diseño	0.945	75.00
2	Moldeo en cera del prototipo	1.758	60.00
3	Árbol de moldes de cera (prototipo)	0.004	1.00
4	Revestimiento árbol de cera (prototipo)	0.005	2.33
5	Horneado del prototipo	0.004	10.33
6	Fundición de plata y vaciado prototipo	0.043	0.33
7	Acabado del prototipo	0.088	20.00
8	Bonificación a los obreros en plata	0.004	0.17
9	Vulcanizado	0.188	30.00
10	Presupuestación de producción	0.068	1.00
11	Distribución de material	0.068	1.00
12	Inyección en cera	0.090	1.00
13	Árbol de moldes de cera	0.090	1.00
14	Revestimiento árbol de cera	0.102	2.33
15	Horneado árbol de cera	0.083	10.33
16	Fundición de plata y vaciado	0.851	0.33
17	Acabado	1.764	20.00
18	Bonificación a los obreros en plata	0.095	0.17
	Total costo de producción por gramo	6.248	236.33

Fuente y elaboración propias

A continuación, se describe los procesos de producción orfebre de Talleres Tinta por cada gramo de joya de plata producido, los tiempos y recursos utilizados:

No1. Diseño. – Actualmente los diseños a fabricar son creatividad de Talleres Tinta o del cliente que busca personalización. De inicio, se realizan un boceto en papel hasta concebir la idea. Esta actividad es realizada por el maestro artesano Gabriel Tinta y en los últimos meses se ha incorporado a este proceso un Ing. Ingeniero Industrial (hijo). Una vez que el diseño está concebido, se realiza el dibujo en un software especializado en joyería llamado CorelDraw (en 2D). El tiempo que toma realizar el diseño en papel y en el CAD para cada gramo producido toma aproximadamente 75 minutos, desde concebir la idea y plasmar la imagen en CAD. Este último proceso lo realiza con el propósito de almacenar los diseños, poder editarlos en un futuro y contar una plantilla para futuros diseños. En el mercado, el costo de diseño (en 2D), es de hasta US\$13 por hora. Además, Talleres Tinta produce 20 unidades del mismo diseño, de esta manera los costos que se incurre en la creación del prototipo de la joya se dividen para 20 unidades. Para determinar el costo de diseño por gramo se realizó el siguiente cálculo:

Tabla 38

Cálculo para determinar el costo de diseño por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Mano de obra de diseño (artista)			16.25
Conceptualización del diseño en papel de gramo	minutos	60.00	
Diseño en 2D	minutos	15.00	
Total minutos utilizados en una pieza promedio	minutos	75.00	
Costo de diseño por hora	US\$	13.00	
Costo diseño por gramo	US\$	16.25	
Depreciación computador y software			2.31
Computador y software	US\$	3,000.00	
Vida útil - 3 años	Años	3.00	
Depreciación mensual	US\$	83.33	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	6.94	
Promedio de gramos de plata por pieza(y)	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	2.31	
Costos indirectos (**)			0.33
Costos indirectos prorrateados	US\$	12.04	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	1.00	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.33	
Subtotal			18.90
Piezas por replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.94

Fuente y elaboración propias

El costo por gramo producido en la fase de diseño, con la información antes mencionada, es de US\$0.94 por gramo; sin embargo, los costos de diseño no son incluidos por Talleres Tinta como parte del costo de la pieza. Para efectos de costeo en este documento, este rubro sí es considerado en el costo total.

(*) Como parte del proceso de costeo por gramo en Talleres Tinta, se prorrateó los gastos indirectos a cada proceso. El resultado de costos indirectos por procesos es US\$12.04 y será utilizado en el coste de cada proceso que se detalla más adelante.

Tabla 39
Cálculo para determinar los costos indirectos prorrateados para cada proceso, actual.

Costos indirectos	Total US\$
Energía eléctrica	
Costo promedio, factura mensual	80.00
(-) Costo de energía eléctrica ocupación comercial	-30.00
Costo total mensual del taller	50.00
Depreciación edificio	
Costo espacio taller	40,000.00
Vida útil	20.00
Depreciación anual	2,000.00
Depreciación mensual	166.67
Total costos indirectos mensuales	
Energía eléctrica mensual del taller	50.00
Depreciación edificio taller	166.67
Total costos indirectos mensuales	216.67
Número de subprocesos a prorratear	18.00
Costos indirectos prorrateados procesos	12.04

Fuente y elaboración propias

No2. Modelado en cera del prototipo a fabricar. – Para obtener la primera pieza o prototipo a fabricar, se utiliza cera de moldeo o cera sólida; con apoyo del prototipo desarrollado en papel o en el computador en 2D. Este trabajo toma alrededor de 3 horas para una pieza de 3 gramos de plata (1 gramo la hora). El trabajo inicia con un bloque de cera sólida, y con esta materia prima el artesano utiliza el caudín para derretir la cera y dar la forma deseada al bloque de cera. La relación que existe entre la utilización de cera para moldear y la plata es la siguiente: por 10 gramos de plata, 1 de cera. Los costos en este proceso son los siguientes:

Tabla 40
Cálculo para determinar el costo de modelado en cera por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Cera			0.01
Costo de la caja de cera para moldeo (1 libra)	US\$	65.00	
Número de gramos por libra	Gramos	453.59	
Costo de cera para moldeo por gramo	US\$	0.14	
Cantidad de cera para moldear un gramo - relación 1/10	Gramos cera	0.10	
Costo para moldear 1 gramo de plata (0.10 de cera)	US\$	0.01	
Depreciación computador y software			0.14
Cautín	US\$	300.00	
Vida útil - 5 años	Años	5.00	
Depreciación mensual	US\$	5.00	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	0.42	
Promedio de gramos de plata por diseño (y)	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo moldeado	US\$	0.14	
Mano de obra (artista)			34.67
Número de minutos para moldear 1 pieza promedio (3 gr)	Minutos	480.00	
Promedio de gramos de plata por diseño	Gramos	3.00	
Número de minutos para moldear 1 gramo de plata en cera	Minutos	160.00	
Horas promedio para moldear 1 gramo de plata (en cera)	Horas	2.67	
Costo de mano de obra por hora	US\$	13.00	
Costo de mano de obra para moldar en cera 1 gramo de plata	US\$	34.67	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.33
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	1.00	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.33	
Subtotal			35.15
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de modelado en cera por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		1.76
(a) Trabajo realizado por un artista y no por un operario			

Fuente y elaboración propias

N03. Árbol de cera. – Una vez que el prototipo de cera está listo, el jefe del taller espera que exista aproximadamente 20 piezas de cera (para 60 gramos de plata) generados en la inyectora de cera para poder iniciar el a armar el árbol de cera. Si se prepara un árbol de cera con pocas piezas los costos se elevan por ese motivo, Talleres Tinta reúne piezas que en promedio se estimen en 60 gramos de plata, (6 gramos de cera en piezas). Por lo general se trata de 19 piezas creadas en la inyectora de cera y 1 pieza de cera moldeada a mano. El proceso inicia con la unión de todas las piezas a un tronco de cera cuya base es

de caucho u otra base resistente al calor. Las piezas de cera se unen al tronco a través de los bebederos solidificados. El tronco de cera utiliza aproximadamente 6 gramos de cera. Una vez que se crea un árbol se pesa en una balanza la cantidad de cera presente en el árbol, si el peso de la cera es de 6 gramos (restado el valor del árbol de cera), se deberá prever 60 gramos de plata para fundir las piezas finales o aquellas que servirán como prototipos.

Tabla 41
Cálculo para determinar el costo de la creación del árbol de cera, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Costo de cera para tronco			0.014
Costo promedio de la caja de cera para moldeo (1 libra)	US\$	65.00	
Número de gramos por libra	Gramos	453.59	
Costo de cera para moldeo por gramo	US\$	0.14	
Gramos a utilizar en un tronco para 60 gramos	Gramos	6.00	
-Costo para un tronco de 6 gramos de cera	US\$	0.86	
Cantidad de gramos de plata a producirse con un tronco de 6 gramos de cera	Gramos	60.00	
Costo del tronco de cera para cada gramo de plata	US\$	0.01	
Base refractaria para árbol			0.008
Costo de bases refractarias para árbol	US\$	50.00	
Tiempo de duración	meses	6.00	
Costo mensual	US\$	8.33	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costo de base refractaria por gramo de plata	US\$	0.01	
Mano de obra (operario)			0.057
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Sueldo básico más beneficios	US\$	544.26	
Número de horas al mes	Horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Tiempo requerido para realizar este proceso por 60 gramos	Minutos	60.00	
Número de gramos de plata que se procesan producto del 1 árbol de cera	Gramos	60.00	
Costo mano de obra para creación de árbol de cera por gramo	US\$	0.06	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos para creación de árbol de cera por gramo	US\$	0.01	
Subtotal			0.090
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.000
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.004

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	medida	unidad
Tiempo preparación árbol cera	minutos	60.00
Número de gramos de plata que se procesan producto del 1 árbol de cera	gramos	60.00
Total minutos por gramo	minutos	1.00

Fuente y elaboración propias

No4. Revestimiento del prototipo. – Una vez que el prototipo en cera está terminado e incrustado en el árbol de cera, se introduce este último en un cilindro pequeño de metal con una base de cerámica resistente al calor. A la par, se prepara la mezcla de yeso refractario en un recipiente y se vierte la mezcla en el cilindro por encima de joya de cera. Para un molde pequeño se utiliza aproximadamente $\frac{3}{4}$ de libra de yeso en el que pueden caber un árbol que permita la producción de hasta 60 gramos de plata. Luego, se introduce el cilindro revestido de yeso en una bomba de vacío para retirar todo el aire presente dentro de la mezcla de tal manera que no se generen “burbujas” en el proceso de horneado. Finalmente, se deja reposar la mezcla por 2 horas para que fragüe.

Tabla 42
Cálculo para determinar el costo del proceso de revestimiento del prototipo, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Costo del yeso por gramo			0.03
Costo de la libra de yeso	US\$	2.00	
Porcentaje de utilización de yeso en un molde de yeso pequeño	Porcentaje	75%	
Gramos por libra	gramos	453.59	
Gramos utilizados de yeso en un molde pequeño	gramos	340.19	
Costo de yeso utilizado 3/4 de libra	US\$	1.50	
Gramos que pueden ingresar en un molde para yeso pequeño	gramos	60.00	
Costo del yeso por gramo	US\$	0.03	
Depreciación equipos			0.04
Costo de una bomba de vacío	US\$	5,000.00	
Vida útil	Años	10.00	
Depreciación mensual	US\$	41.67	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.04	
Consumo de suministros varios (cilindro y otros menores)			0.01
Costo	US\$	30.00	
Duración	Meses	3.00	
Costo consumible por mes	US\$	10.00	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de consumo por gramo	US\$	0.01	
Mano de obra (operario)			0.02
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Minutos utilizados para el revestimiento (tiempo efectivo)	minutos	20.00	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Costo de mano de obra en el proceso de revestimiento	US\$	1.13	
Gramos revestidos en cada lote o árbol	Gramos	60.00	
Costo de mano de obra por gramo revestido	US\$	0.02	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos en el revestimiento	US\$	0.01	
Subtotal			0.10
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.01

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	medida	unidad
Tiempo preparación todo el proceso	minutos	20.00
Tiempo preparación por gramo	minutos	0.33
Tiempo fragüe todo el proceso	minutos	120.00
Total minutos fragüe por gramo	minutos	2.00
Total minutos por todo el proceso	minutos	140.00
Total minutos por gramo (tiempo total efectivo + espera)	minutos	2.33

Fuente y elaboración propias

No5. Horneado del prototipo. – El prototipo revestido de yeso en un cilindro, se hornea a través de un ciclo térmico que dura aproximadamente 10 horas con el propósito de eliminar gradualmente el agua. De esta manera, se utiliza un determinado grado de calor cada cierto periodo de tiempo. La configuración de los grados se regula en el horno automáticamente y va de una temperatura mínima de 200 C° hasta máximo 1,400 C°. Mediante este proceso, la cera se disuelve y desaparece. En su lugar la figura que antes era de cera (conocida como molde positivo) es ahora un espacio vacío recubierto de yeso (molde negativo). El tiempo efectivo de mano de obra en este proceso es de 20 minutos debido a que las 10 horas que dura el proceso de horneado no requiere la presencia permanente de una persona. Estos 20 minutos son para programar, encender y apagar el horno, así como supervisar el proceso.

Tabla 43
Cálculo para determinar el costo del proceso de horneado del prototipo, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Depreciación horno			0.05
Costo horno de joyería eléctrico	US\$	3,500.00	
Vida útil	Años	5.00	
Depreciación mensual	US\$	58.33	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.05	
Mano de obra (operario)			0.02
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Minutos utilizados en el horneado	minutos	20.00	
Costo de mano de obra en el preparar el horneo	US\$	1.13	
Gramos que se hornean en promedio	gramos	60.00	
Costo de mano de obra por gramo de plata	US\$	0.02	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Subtotal			0.08
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.00

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	medida	unidad
Tiempo preparación	minutos	20.00
Tiempo preparación por gramo	minutos	0.33
Tiempo de horneado (10 horas)	minutos	600.00
Tiempo de horneado (10 horas) por gramo (60 gramos)	minutos	10.00
Total minutos por todo el proceso	minutos	620.00
Total minutos por gramo (tiempo total efectivo + espera)	minutos	10.33

Fuente y elaboración propias

N06. Fundición de plata y vaciado del prototipo. – Una que vez concluye el proceso de horneado del molde en yeso del prototipo, Talleres Tinta funde la plata a temperatura 960°C. Para este proceso se utiliza un crisol resistente a altas temperaturas, un equipo de función que consisten en: una pistola o soplete, y una máquina centrífuga. También se requiere un tanque de oxígeno, un tanque de gas licuado de petróleo (GLP). El proceso inicia cuando se coloca un pedazo de metal sobre el crisol, en ese momento se enciende el soplete y se funde el metal; se utiliza el oxígeno para aumentar la eficiencia en el proceso de combustión del GLP.

Una vez que el metal está fundido, se coloca el crisol en la máquina centrífuga y se vierte el metal fundido en el molde de yeso al mismo tiempo que la máquina centrífuga empieza a girar, este último proceso permite que el líquido llegue a todos los espacios vacíos del molde en el momento exacto sin que el metal se solidifique.

Tabla 44
Cálculo para determinar el costo del proceso de fundición de plata y vaciado del prototipo, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Plata			0.75
Materia Prima - costo gramo de plata (precio 2018)	US\$	0.75	
Insumos			0.01
Costo Crisol	US\$	20.00	
Pinzas refractarias	US\$	15.00	
Total	US\$	35.00	
Tiempo de consumo	Meses	6.00	
Consumo mensual	US\$	5.83	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo consumo por gramo	US\$	0.01	
GLP (Gas Licuado de Petróleo)			0.01
Costo del tanque de GLP		3.50	
Costo por gramo de GLP (un tanque es utilizado en 700 gramos de plata)		0.01	
Oxígeno			0.00
Costo del litro de oxígeno (metro cúbico)	US\$	6.00	
Tiempo de consumo	Meses	2.00	
Consumo mensual	US\$	3.00	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo consumo por gramo	US\$	0.00	
Desperdicio			0.02
Porcentaje de desperdicio	Porcentaje	3%	
Costo de desperdicio	US\$	0.02	
Depreciación			
Costo del equipo de fundición (manguera y soplete)	US\$	600.00	0.01
Vida útil	Años	5.00	
Depreciación mensual	US\$	10.00	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.01	
Costo máquina centrífuga	US\$	5,000.00	0.02
Vida útil	Años	20.00	
Depreciación mensual	US\$	20.83	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.02	
Costo equipo de oxígeno (tanque, válvula y mangueras)	US\$	1,000.00	0.01
Vida útil	Años	10.00	

Continuación			
Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Depreciación mensual	US\$	8.33	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.01	
Mano de obra (operario)			0.02
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	minutos	0.06	
Minutos utilizados en el proceso de fundición y vaciado	minutos	20.00	
Costo de mano de obra en el proceso de fundición y vaciado	US\$	1.13	
Gramos que se funden en promedio	gramos	60.00	
Costo de mano de obra por gramo fundido	US\$	0.02	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Subtotal			0.85
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.04

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	medida	unidad
Tiempo efectivo proceso de fundición	minutos	20.00
Tiempo proceso por gramo (60 gramos)	minutos	0.33

Fuente y elaboración propias

No7. Acabados del prototipo. – Inmediatamente después del proceso de fundición y vaciado, se introduce el cilindro en un tanque de agua fría; enseguida se rompe el yeso y aparece el metal solidificado. Luego, se limpia los rezagos de yeso incrustados en la plata, se revisa la pieza de plata y se da el acabado requerido. Para este proceso se utiliza sierras, cepillos de alambre, lijas, y otros insumos. También, se somete a la plata nuevamente al fuego con ácido sulfúrico; este proceso ayuda a remover los residuos de yeso. En esta fase también se utiliza una aleación especial (preparada por Talleres Tinta) que incluye varios metales y componentes químicos que permite que las partes de la joya se peguen, sin afectar su estética.

Para el abrillantamiento se utiliza un insumo de brillo llamado rojo inglés, que se presenta en forma de barra que se unta a la pieza. Luego, se retira y se pule mediante un disco de pulido y un motor colgante. De esta manera, queda listo el prototipo para realizar el molde de caucho; esta es la técnica que utiliza Talleres Tinta para crear moldes y producir piezas del mismo diseño en el futuro.

Tabla 45
Cálculo para determinar el costo del proceso de acabado del prototipo, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Suministros			
Lijas tamaño A4			0.19
Costo de una lija tamaño A4	US\$	1.50	
Costo lija por gramo (Por cada gramo de plata se utiliza 1/8 de lija A4)	US\$	0.19	
Cepillo de alambre			0.01
Costo de cepillo	US\$	6.00	
Tiempo de duración	meses	1.00	
Gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo por gramo por la utilización del cepillo	US\$	0.01	
Pulimento rojo inglés			0.02
Costo de la barra de pulimento rojo inglés	US\$	11.00	
Gramos en cada barra (se utiliza 1 gramo de rojo inglés por cada gramo de plata)	Gramos	500.00	
Costo de rojo inglés por gramo de plata	US\$	0.02	
Disco de pulido			0.01
Costo del disco de pulido	US\$	5.50	
Costo del disco (El disco es utilizado hasta en 500 gramos de plata)	Gramos	0.01	
Suelda de aleación (**)			0.02
Para estimar se utiliza como base el costo del gramo de la plata	US\$	0.75	
Se estima que el costo es 1/20 del 60% del costo de la plata	US\$	0.02	
Repuestos y materiales pequeños (por pieza producida)			
Brocas, piezas de reemplazo, y otros repuestos y materiales pequeños por gramo	US\$		0.05
Sierra manual			0.028
Costo de la docena de sierras		4.00	
Costo por cada sierra		0.33	
Una sierra es utilizada hasta en 12 gramos producidos (12 pares de aretes)		0.03	
Limas para lijar			0.01
Costo de la unidad	US\$	25.00	
Tiempo de uso de una lima	meses	72.00	
Costo de la lima por mes de utilizado	US\$	6.00	
Gramos fabricados al mes	Gramos	1,100.00	

Continuación			
Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Costo de la lima por gramo de plata	US\$	0.01	
Depreciación equipos			0.287
Costo de motores para pulir (5 unidades)	US\$	2,000.00	
Costo motores colgantes (6 unidades)	US\$	2,000.00	
Costo taladros de banco (2 unidades)	US\$	600.00	
Costo laminadoras de metal (3 unidades)	US\$	12,000.00	
Costo maquina ultrasonido para limpieza - (1 unidad)	US\$	300.00	
Costo equipos y herramientas varias	US\$	3,000.00	
Costo máquinas láser (25 unidades)	US\$	10,000.00	
Costo rectificador de corriente (2 unidades)	US\$	5,000.00	
Costo torno	US\$	3,000.00	
Total costo de equipos para acabado y suelda	US\$	37,900.00	
Vida útil	Años	10.00	
Depreciación mensual	US\$	315.83	
Número de gramos producidos al mes	Gramos	1,100.00	
Costo depreciación por gramo fase de acabado	US\$	0.29	
Mano de obra (operario)			1.13
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Minutos utilizados en el proceso de acabado por gramo	minutos	20.00	
Costo de mano de obra en el proceso de acabado por gramo	US\$	1.13	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Subtotal			1.76
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.09

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo acabado para una pieza de 3 gramos	Minutos	60.00
Tiempo acabado para 1 gramo	Minutos	20.00

Fuente y elaboración propias

No8. Bonificación a los obreros en plata. – En esta fase se pesa a la joya fabricada, libre de piedras, y se determina la cantidad de plata utilizada en la joya y sobre esta cantidad pesada se calcula el 10% de plata que recibe el obrero como un beneficio adicional de la Talleres Tinta.

Tabla 46
**Cálculo para determinar el costo del proceso de bonificación a los obreros en plata,
 por gramo de plata producido**

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Costo entrega en plata			0.075
Costo de un gramo de plata	US\$	0.75	
Porcentaje a entregar al operario por producción	Porcentaje	10%	
Costo entrega en plata por gramo producido	US\$	0.08	
Mano de obra (operario)			0.009
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	Horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Minutos utilizados en el proceso de distribución plata	Minutos	10.00	
Costo de mano de obra en el proceso de distribución por minuto	US\$	0.57	
Gramos que se funden en promedio	Gramos	60.00	
Costo de mano de obra por gramo de plata en el proceso de distribución	US\$	0.01	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Subtotal			0.084
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.000
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.004

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo para distribuir la plata producida	Minutos	10.00
Tiempo por gramo	Minutos	0.17

Fuente y elaboración propias

No9. Vulcanizada. –Se realiza un molde de caucho, a través de un proceso de vulcanizado; utilizando caucho o silicona. En el caso de Talleres Tinta, el proceso se realiza con caucho. Para empezar, se corta 2 láminas de caucho y se colocan sobre la primera lámina dos artefactos: la joya que es el prototipo de metal y un tubo que servirá llamado bebedero, y sobre éstos se coloca la segunda lámina de caucho. El bebedero posteriormente permite el ingreso de cera líquida. Las capas de caucho son vulcanizadas a 160°C. Este proceso toma aproximadamente 45 minutos. Luego, se separa las dos láminas de caucho con respectivo cuidado y se retira la joya de plata, así como el molde

de bebedero cilíndrico. Este proceso, toma aproximadamente 1 hora. Finalmente, el molde queda listo para la fase de inyección de cera.

Tabla 47
Cálculo para determinar el costo del proceso de vulcanizado, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
-Caucho			1.54
Costo de la libra de caucho	US\$	30.00	
Gramos por libra	Gramos	454.00	
Costo por gramo	US\$	0.07	
Número de gramos a utilizar en el molde de caucho (para una pieza de plata de 3 gramos)	Gramos	70.00	
Costo de caucho para molde	US\$	4.63	
Gramos de plata de la pieza a moldear	Gramos	3.00	
Costo del caucho por gramo de plata	US\$	1.54	
Depreciación equipos			0.18
Costo de la vulcanizadora para joyería		1,200.00	
Vida útil	Años	10.00	
Depreciación mensual	US\$	10.00	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	0.83	
Promedio de gramos de plata por diseño (y)	Gramos	4.72	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.18	
Mano de obra (operario)			1.70
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Costo al mes	US\$	544.26	
Horas promedio trabajadas al mes	horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Minutos utilizados en el proceso vulcanizado	minutos	90.00	
Costo de mano de obra en el proceso de vulcanizado	US\$	5.10	
Gramos de plata que contendrá el molde de caucho	gramos	3.00	
Costo de mano de obra por gramo de plata fundido	US\$	1.70	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.33
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Numero de vulcanizadas al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	1.00	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.33	
Subtotal			3.75
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.19

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo vulcanizado	minutos	30.00
Tiempo separación de láminas de caucho	minutos	60.00
Total minutos tiempo total	minutos	90.00
Total minutos tiempo por gramo	minutos	30.00

Fuente y elaboración propias

N10. Presupuesto. – Una vez definido el molde de caucho (prototipo), se determina las unidades a fabricar y se realiza una estimación de la materia prima (plata) e insumos que utilizará el operario para la inyección y replique de las unidades. Esta actividad es realizada por la Asistente de Producción. Para estimar esta actividad, se consideró el costo de un sueldo básico que es de US\$386 y se añadió un 40% adicional de beneficios sociales. Se considera que esta actividad toma alrededor de 1 hora y sus costos se distribuyen a 20 unidades producidas con este diseño o lote de producción. Los procesos de producción en Talleres Tinta se realizan únicamente mediante cálculos en un cuaderno, no existe un método formal de producción mediante órdenes de producción.

Tabla 48

Cálculo para determinar el costo del proceso de elaboración del presupuesto, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Mano de obra (operario)			0.06
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Sueldo básico más beneficios	US\$	544.26	
Número de horas al mes	Horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Tiempo requerido para realizar este proceso	Minutos	60.00	
Costo de mano de obra utilizada en la preparación del presupuesto de producción	US\$	3.40	
Número de piezas a replicar por modelo	Número	20.00	
Costo mano de obra para la presupuestación por pieza	US\$	0.17	
Promedio de gramos de plata por pieza (y)	Gramos	3.00	
Costo mano de obra para la presupuestación por gramo	US\$	0.06	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Costo total por gramo producido			0.07

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo en preparar el presupuesto de producción	minutos	60.00
Total minutos por gramo (60 gramos en promedio por cada lote de producción)	minutos	1.00

Fuente y elaboración propias

N11. Distribución de material. – Una vez realizado el presupuesto de materia prima e insumos a utilizar en el proceso de inyección y replique de las unidades según el prototipo aprobado, se entrega a los operarios la plata y otros materiales para empezar el trabajo por este lote. Esta actividad es realizada por la Asistente de Producción. Para estimar esta actividad, se consideró el costo de un sueldo básico que es de US\$386 y se añadió un 41% adicional de beneficios sociales. Se considera que esta actividad toma alrededor de 1 hora y sus costos se distribuyen a 20 unidades producidas con este diseño o lote de producción. Esta actividad es realizada manualmente y cada operario cuenta con un cuadernillo en donde se anota la cantidad de material entregado. Este documento es manejado por la Asistente de Producción.

Tabla 49
Cálculo para determinar el costo de distribución de material, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Mano de obra (operario)			0.06
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Sueldo básico más beneficios sociales	US\$	544.26	
Número de horas al mes	Horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Tiempo requerido para realizar este proceso	Minutos	60.00	
Costo de mano de obra por la presupuestación de producción	US\$	3.40	
Número de piezas a replicar por modelo	Número	20.00	
Costo mano de obra para la presupuestación por pieza	US\$	0.17	
Promedio de gramos de plata por pieza (y)	Gramos	3.00	
Costo mano de obra para la presupuestación por gramo	US\$	0.06	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Costo total por gramo producido			0.07

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo utilizado en la distribución de material	minutos	60.00
Total minutos por gramo (60 gramos en promedio por cada lote de producción)	minutos	1.00

Fuente y elaboración propias

No12. Inyección en cera. – Una vez creado el molde en caucho, se utiliza la máquina de cera perdida para inyectar cera derretida al molde de caucho y empezar la producción en serie de las piezas que se requieran sobre el molde creado (en promedio 20). La cera sólida es ingresada a la máquina de fundición de cera y se derrite. Se conecta el molde de caucho a la máquina de fundición de cera, a través de su bebedero y la máquina inyecta cera líquida bajo presión Este proceso tomar 1 minuto. Luego, el molde reposa 2 minutos hasta su enfriamiento. Finalmente se destapa el molde de caucho y se extrae el molde de cera. Este proceso se repite las veces requeridas por el fabricante. En Talleres Tinta, un diseño es replicado en promedio hasta 20 veces.

Tabla 50
Cálculo para determinar el costo del proceso de inyección en cera, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Cera			0.01
Costo promedio de la caja de cera para moldeo (1 libra)	US\$	65.00	
Número de gramos por libra	Gramos	453.59	
Costo de cera para moldeo por gramo	US\$	0.14	
Cantidad de cera para moldear un gramo - relación 1/10	Gramos cera	0.10	
Costo para moldear 1 gramo de plata (0.10 de cera)	US\$	0.01	
Mano de obra (operario)			0.06
Sueldo básico	US\$	386.00	
Porcentaje sueldo básico más beneficios sociales	Porcentaje	141%	
Sueldo básico más beneficios	US\$	544.26	
Número de horas al mes	Horas	160.00	
Costo hora	US\$	3.40	
Costo por minuto	US\$	0.06	
Tiempo requerido para realizar este proceso (en promedio para 60 gramos de plata)	Minutos	60.00	
Costo por el proceso de 60 gramos	US\$	3.40	
Costo mano de obra por gramo	US\$	0.06	
Depreciación			0.01
Costo equipo de cera perdida	US\$	1,000.00	
Vida útil	Años	10.00	
Depreciación mensual	US\$	8.33	
Gramos de plata que se producen mensualmente	Unidades	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo de plata producido	US\$	0.01	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.01
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Gramos producidos por mes	Gramos	1,100.00	
Costos indirectos por gramo de plata	US\$	0.01	
Costo total por gramo producido			0.09

Fuente y elaboración propias

Tiempo del proceso	Medida	Cantidad
Tiempo del proceso	minutos	60.00
Tiempo por gramo	minutos	1.00

Fuente y elaboración propias

Procesos desde el No13 al No18. – Una vez que se obtuvieron las piezas requeridas en cera a través del proceso de inyección, el proceso se repite; es decir, se realiza en línea el proceso de creación, revestimiento y horneado del árbol de cera, fundición de la plata y vaciado del árbol, acabado de piezas, y entrega de la bonificación de plata a los obreros. Los costos, a diferencia del costo para la creación del prototipo

no se dividen para el número de réplicas a producirse de la matriz, en su lugar, se considera el costo individual que originó su producción.

Finalmente, el precio de venta fijado por Talleres Tinta corresponde al doble del costo. Es decir, si el costo de fabricación es US\$1, el precio de venta es US\$2. Sin embargo, para determinar los costos por joya, Talleres Tinta no costea ciertos rubros como la mano de obra de diseño, moldeo, etc.; por lo que se excluyeron estos costos para determinar el precio de venta que utiliza Talleres Tinta:

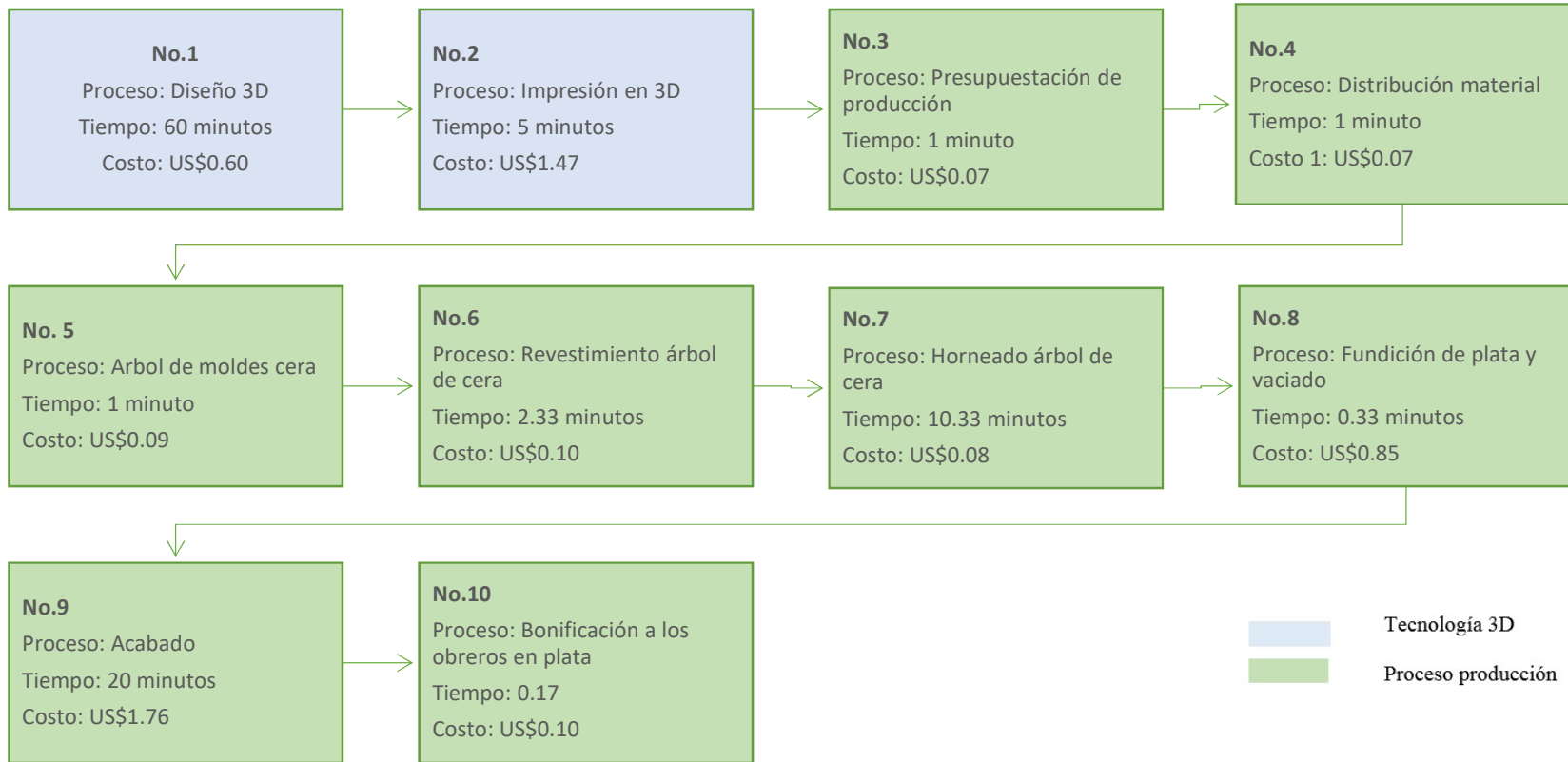
Tabla 51
Determinación del precio de venta por gramo de joya producido, utilizado por Talleres Tinta

Detalle	Valor US\$
Costo unitario por gramo de joya de plata real (método actual)	6.25
Costos no considerados por Talleres Tinta, mano de obra principalmente	2.67
Costo unitario por gramo de joya de plata según Talleres Tinta	3.58
Precio de venta estimado que utiliza Talleres Tinta	7.16

Fuente y elaboración propias

4. Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – con impresión 3D

Gráfico 38
 Proceso de fabricación de joyas y costo por gramo producido – con impresión 3D



Fuente y elaboración propias

A continuación, se describen los dos procesos relacionados con la introducción de la impresión en 3D al proceso de producción orfebre por cada gramo de joya de plata producido, los tiempos y recursos utilizados. El resto de los procesos se mantienen igual en costos y actividades:

No1. Diseño 3D. – Consiste en concebir la idea de una nueva joya y plasmar su diseño en un CAD 3D que permita la posterior impresión en 3D. Este proceso es realizado por personal especializado en diseño en 3D. La disgregación de los costos de este proceso se resume a continuación:

Tabla 52
Cálculo para determinar el costo del proceso de diseño en 3D, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Mano de obra de diseño (artista)			8.81
Conceptualización del diseño en 3D de una pieza (tiempo efectivo)	minutos	60.00	
Costo de diseño por hora	US\$	8.81	
Costo de diseño por minuto	US\$	0.15	
Costo diseño por gramo	US\$	8.81	
Depreciación computador y software			2.85
Computador	US\$	1,700.00	
Software de diseño 3D - ejemplo RhinoGold licencia estudiantil	US\$	2,000.00	
Total costo	US\$	3,700.00	
Vida útil - 3 años	Años	3.00	
Depreciación mensual	US\$	102.78	
Número de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	8.56	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	2.85	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.33
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Número de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	1.00	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.33	
Subtotal			12.00
Piezas a replicar del diseño original	Unidades		20.00
Costo de diseño por gramo prorrateado por el número de unidades a fabricar en el futuro	US\$		0.60

Fuente y elaboración propias

(*) Con la utilización de la tecnología 3D, se eliminan ocho procesos que origina que los costos indirectos en estos procesos también se verán disminuidos. Los costos indirectos prorrateados en los ocho procesos es US\$96.30 (US\$12.04 por proceso), valor que significará un ahorro en el Taller. Su cálculo se muestra a continuación:

Tabla 53
Cálculo para determinar los costos indirectos prorrateados para cada proceso, con impresión 3D

Costos indirectos	Total US\$
Energía eléctrica	
Costo promedio, factura mensual	80.00
(-) Costo de energía eléctrica ocupación comercial	-30.00
Costo total mensual del taller	50.00
Depreciación edificio	
Costo espacio taller	40,000.00
Vida útil	20.00
Depreciación anual	2,000.00
Depreciación mensual	166.67
Total costos indirectos mensuales	
Energía eléctrica mensual del taller	50.00
Depreciación edificio taller	166.67
Total costos indirectos mensuales	216.67
Número de subprocesos a prorratear	18.00
Costos indirectos prorrateados procesos	12.04
Procesos disminuidos	8
Costo indirecto disminuido por reducción de procesos	96.3
Costo total	120.37
Número de subprocesos a prorratear	10.00
Costos indirectos prorrateados por proceso (10 procesos)	12.04

Fuente y elaboración propias

No2. Impresión en 3D. – Una vez que el diseño de la joya se encuentra en formato digital 3D, se realiza la impresión de la joya en cera o en resina utilizando una impresora 3D. El material recomendado a utilizar para joyería es cera porque sus características químicas permiten una completa eliminación de la cera en el proceso de fundición y vaciado. El costo de las impresoras en 3D recomendadas para joyería varían entre US\$10,000 y US\$50,000 y son provistas principalmente por las siguientes empresas, líderes en la fabricación de impresoras 3D para joyería:

Tabla 54
Empresas líderes en la fabricación de impresoras 3D para joyería

Empresa	tipo de máquina	material	rango de precios	característica
3D System (3D System, 2019)	Project MJP 2500 W	Cera	40000	con soportes
Envisiontec (Envisiontec, 2017)	Envisiontec for jewelry	resida y cera	10.000 - 50.000	con soportes
Solidscape (Solidscape, 2018)	S390	Cera	50000	sin soportes

Fuente y elaboración propias

La relación que existe entre el costo de la impresora en 3D y el material de impresión es de aproximadamente el 2% por cada 1000 gramos de material. Es decir, si el costo de la máquina es US\$100, el costo de 1000 gramos de cera será US\$2. Esta relación se la obtuvo al promediar el costo de compra de varios tipos de impresoras y el material a utilizar.

Tabla 55
Relación entre el costo de la impresora en 3D y el material de impresión

Empresa	Tipo de máquina	Material	Costo de la impresora	Costo material en 1000 gramos	%
Ultimaker	Ultimaker S5	PLA/ABS	5,495.0	54.5	0.99%
Ultimaker	Ultimaker 3	PLA/ABS	2,995.0	54.5	1.82%
Ultimaker	Ultimaker 3 extended	PLA/ABS	3,695.0	54.5	1.47%
Ultimaker	Ultimaker 2	PLA/ABS	1,895.0	54.5	2.88%
Ultimaker	Ultimaker 2 extended	PLA/ABS	2,495.0	54.5	2.18%
Envision	EnvisionTec Micro Plus CDLM	Plastic Investment Casting (PIC 100)	34,900.0	429.0	1.23%
Envision	EnvisionTec Micro Plus Low price	WIC 100	10,000.0	122.9	1.23%
Solidscape	S390	MIDAS cera y material disolvente	50,000.0	1,459.5	2.92%
Solidscape	3ZPRO	MIDAS (wax crayon)	25,000.0	729.8	2.92%
Total ²			136,475.0	3,013.7	2.00%

Fuente y elaboración propias

Para este ejercicio de costos, se consideró una impresora con un costo aproximado de US\$36,000 en función de su producción actual de joyas de plata, que son 1,100 gramos y el tiempo de recuperación de la inversión, como se muestra en el anterior literal 2, de esta sección. A continuación, los costos del proceso de impresión en 3D considerando el costo de la impresora anteriormente mencionada:

Tabla 56
Costos del proceso de impresión en 3D, por gramo de plata producido

Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Depreciación impresora 3D			0.91
Costo de la impresora 3D (*)	US\$	36,000	
Vida útil	Años	3.00	
Depreciación mensual	US\$	1,000.00	

² Relación costo material (1000 gramos) / costo de impresora

Continuación			
Detalle	Medida	Unidad	Total US\$
Producción mensual	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.91	
Materia prima - Crayón de cera Midas			0.06
Costo paquete	US\$	214.00	
Cantidad de gramos paquete	Gramos	360.00	
Costo por gramo	US\$	0.59	
Cantidad de cera para moldear un gramo - relación 1/10	Gramos cera	0.10	
Costo para moldear 1 gramo de plata (0.10 de cera)	US\$	0.06	
Materia prima - Material de soporte disolvente			0.12
Costo paquete	US\$	189.00	
Cantidad de gramos paquete	Gramos	230.00	
Costo por gramo	US\$	0.82	
Cantidad de material soporte disolvente (cera) para moldear un gramo	Gramos cera	0.15	
Costo de soporte disolvente para 1 gramo de plata (0.15 gr de material soporte disolvente)	US\$	0.12	
Materia prima - Líquido diluyente (VSO BioAct)			0.04
Costo galón	US\$	197.00	
Cantidad de mililitros por galón	Mililitros	4546.09	
Costo por mililitro	US\$	0.04	
Costo de líquido diluyente para 1 gramo (1 ml de líquido disolvente)	Mililitros	1.00	
Costo por gramo	US\$	0.04	
Depreciación equipo calentador agitador magnético			0.003
Costo	US\$	330.00	
Vida útil	Años	10.00	
Depreciación mensual	US\$	2.75	
Producción mensual	Gramos	1,100.00	
Costo de depreciación por gramo	US\$	0.00	
Mano de obra de diseño (artista)			0.15
Costo por hora	US\$	8.81	
Minutos para programar el diseño de una pieza promedio	Minutos	3.00	
Gramos promedio por pieza	Gramos	3.00	
Minutos para programar el diseño por gramo	Minutos	1.00	
Minutos hora	Minutos	60.00	
Costo de diseño por gramo	US\$	0.15	
Costos indirectos (energía eléctrica y depreciación edificio taller)			0.33
Costos indirectos prorrateados (**)	US\$	12.04	
Numero de diseños al mes	Unidades	12.00	
Costo de depreciación por diseño	US\$	1.00	
Promedio de gramos de plata por pieza	Gramos	3.00	
Costo depreciación por gramo diseñado	US\$	0.33	
Costo de impresión en 3D por gramo	US\$		1.62

Fuente y elaboración propias

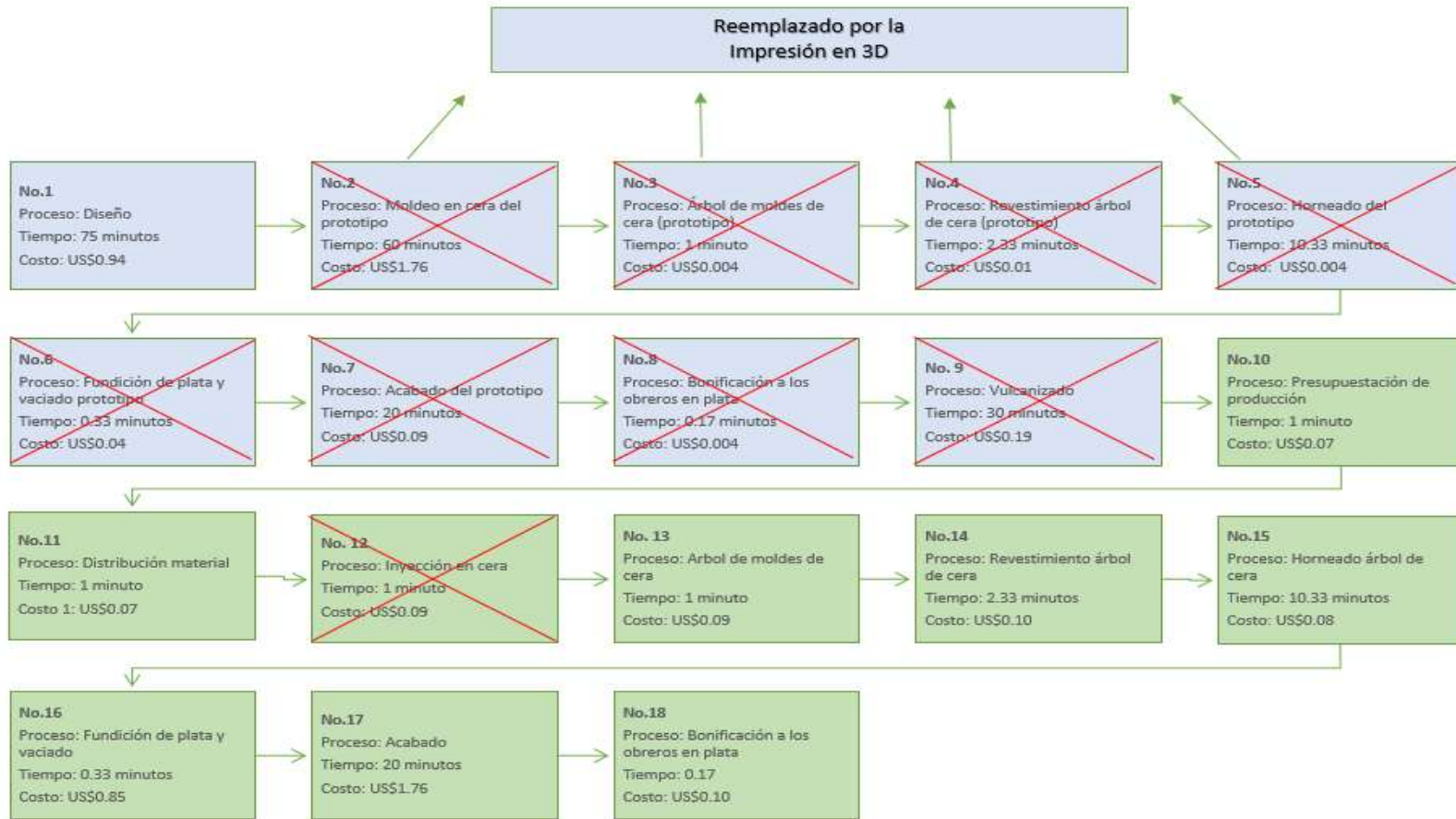
Los procesos del No.10, No11 y del No13 al No18 se mantienen igual al proceso de fabricación tradicional.

5. Comparación procesos y costos con el método tradicional y con impresión 3D

Una vez levantados los dieciocho procesos que se ejecutan actualmente en Talleres Tinta para la fabricación de joyas, se analizó el impacto de la impresión en 3D en el proceso de orfebrería, los costos y tiempos. Como resultado, se determinó que:

- i. Los procesos se reducen a diez, es decir existen ocho procesos menos, como se muestra en la gráfica anterior. Los procesos que se eliminan con la introducción de la impresión en 3D corresponden a la fabricación del prototipo o molde. Con la tecnología en 3D, los procesos tradicionales que van desde el No.2 al No.9 se eliminan y son reemplazados con el proceso de impresión en 3D. Con la utilización de la tecnología 3D no es necesario crear un molde o prototipo y utilizar la técnica de inyección en cera. El proceso productivo arranca con el diseño en 3D y directamente la impresión en cera de las joyas a producir; y se imprime las repeticiones que sean necesarias cuando sea requerido, únicamente se debe almacenar el diseño digital para un uso futuro; éste inclusive puede modificarse con facilidad y generar nuevos diseños.

Gráfico 39
Comparación procesos y costos con el método tradicional y con impresión 3D



Fuente y elaboración propias

- ii. Los costos unitarios de producción disminuyen en aproximadamente 15%.

Tabla 57

Comparativo del costo unitario por gramo de joya producido tradicionalmente vs. con impresión 3D.

Tipo de producción	Producción actual - tradicional	Impresión en 3D (*)	Variación	Porcentaje de variación	Resultado
Costo unitario por gramo de joya producido	6.25	5.34	(0.91)	(15%)	↓

Fuente y elaboración propias

El costo unitario por gramo de joya incluye el monto de depreciación por gramo por la utilización de la impresora en 3D. El costo de la impresión en 3D para Talleres Tinta se definió en US\$36,000; en función de su producción actual de joyas de plata, que son 1,100 gramos y el tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla 58

Estimación de la máxima inversión para la adquisición de una impresora 3D para Talleres Tinta

Detalle	Unidad de medida	Cantidad
Precio de venta al público por gramo de plata	US\$	7.16
Costo de venta por gramo producido de joyas de plata - tradicional	US\$	6.25
Margen bruto, por gramo de joya de plata	US\$	0.91
Unidades a producir	gramos	1,100.00
Margen bruto al mes	US\$	1,000.74
Margen bruto al año	US\$	12,008.87
Vida útil del equipo	Años	3.00
Costo estimado del bien	US\$	36,026.62

Fuente y elaboración propias

- iii. El margen de utilidad con la introducción de la impresión en 3D se ve incrementado en un 13% como se muestra a continuación:

Tabla 59

Comparativo del margen de utilidad con la producción actual y con impresión 3D

Detalle	Producción actual - tradicional	Impresión en 3D	Variación	Resultado
Precio de venta al público	7.16	7.16		
Costo de producción por gramo de plata	6.25	5.34		
Margen utilidad	0.91	1.82		
Porcentaje del margen de utilidad/precio de venta	12%	25%	13%	↑

Fuente y elaboración propias

El margen de utilidad con el método actual de fabricación es del 12%, con la implementación del proceso de producción con impresión en 3D, el margen es del 25%.

El incremento del 13% supone un porcentaje de variación de más del 100% frente al margen de utilidad que genera la producción actual.

- iv. Con la introducción de la impresión en 3D en el proceso de producción, el tiempo de fabricación se reduce en un 57%.

Tabla 60
Comparativo de minutos por gramo de joya producido bajo el método tradicional y con impresión 3D

Tipo de producción	Minutos de producción actual – tradicional	Minutos en Impresión 3D ³	Variación en minutos	Porcentaje de variación	Resultado
Minutos por gramo de joya trabajado (solo tiempo efectivo)	236.33	101.17	- 135.17	-57%	↓

Fuente y elaboración propias

Este ahorro en minutos le permitiría a Talleres Tinta mejorar el tiempo de entrega de las joyas a sus clientes, evitando el retraso de un mes que se produce actualmente. Talleres Tinta produce 1,100 gramos de joya de plata al mes, sin embargo, su demanda actual es de 2,200 gramos al mes; de esta última cifra se concluye que su demanda insatisfecha es de 1,100 gramos. Con la introducción de esta tecnología, el Taller estaría en capacidad de producir hasta 2,570 piezas al mes, como se muestra a continuación:

Tabla 61
Comparativo de la capacidad de producción actual y con impresión en 3D.

Detalle	Gramos a producir cada mes	Margen de utilidad por gramo US\$	margen utilidad por mes US\$
Producción actual – tradicional	1,100	0.91	1,000.74
Impresión en 3D y capacidad máxima de producción	2,570	1.82	4,675.19
Variación capacidad actual vs. capacidad con impresión en 3D	1,470	0.91	3,674.45
Porcentaje de variación capacidad actual vs. capacidad con impresión en 3D	134%	100.0%	367%

Fuente y elaboración propias

Si con la utilización de la impresión en 3D se logra producir 1100 unidades en 101.17 minutos, entonces, en los 236 minutos, que es el tiempo que actualmente se invierte en la producción tradicional de joyas, se logrará producir hasta 2,570 gramos de joya de plata. Esta cantidad de gramos producidos suple a la demanda actual mensual que es de 2,200 gramos y la diferencia de 370 gramos podría utilizarse en la creación de

³ Considerando el costo de la impresora 3D en función de la producción actual.

nuevas joyas para nuevos mercados o clientes. Esta nueva cantidad permitirá incrementar el margen bruto en un 3.6 veces más comparada con el margen de utilidad que genera la producción actual.

- v. Con la utilización de la impresión en 3D, los costos de mano de obra se reducen en aproximadamente el 52% frente al método de producción tradicional, sin impresión en 3D.

Tabla 62
Comparativo de costos de mano de obra bajo la producción tradicional vs. producción con impresión 3D.

Detalle	Costo total	Mano de obra	% de representación de mano de obra frente al costo total
Producción actual – tradicional	6.25	4.12	66%
Producción con impresión en 3D	5.34	1.96	37%
Disminución	0.91	2.16	29%
Porcentaje de variación frente al costo de producción tradicional	15%	52%	

Fuente y elaboración propias

El rubro de mano de obra, bajo el método de producción actual, representa al 66% de los costos totales de producción, dicho de otra manera, éste es el principal componente del costo total. Con la introducción de la impresión en 3D al proceso de producción de joyas, el rubro de mano obra representa el 37%, lo que supone una reducción del 29% de representación de mano de obra frente al costo total.

- vi. Con la utilización de esta tecnología, durante el proceso de producción de joyas, se identificaron dos fases de procesos:

- Impresión en 3D de joyas en cera.
- Proceso para la fabricación de joyas, utilizando las joyas de cera impresas.

Los costos y tiempo de producción por gramo de joya de plata producido, con apoyo de la impresión en 3D, se resume a continuación:

Tabla 63
Resumen de costos y minutos por gramo de joya de plata producido, con apoyo de la impresión en 3D

Detalle	Medida	Cantidad	Costo	Tiempo (por 1 gramo)
Diseño e impresión en 3D ⁴	gramo	1.00	2.22	65.00
Producción	gramo	1.00	3.12	36.17
Total costo de producción por gramo			5.34	101.17

Fuente y elaboración propias

⁴ Considerando el costo de la impresora 3D en función de la demanda de producción

Los costos de fabricación de joyas de plata por gramo producido y el tiempo de producción por gramo, con apoyo de la impresión en 3D, Considerando el costo de la impresora 3D en función de la demanda de producción, se resume a continuación por proceso:

Tabla 64
Resumen de costos y minutos por proceso por gramo de plata producido con impresión 3D

No proceso.	Detalle	Costo (por 1 gramo producido)	Tiempo en minutos (por 1 gramo producido)
1	Diseño	0.60	60.00
2	Impresión en 3D	1.62	5.00
3	Presupuestación de producción	0.07	1.00
4	Distribución de material	0.07	1.00
5	Árbol de moldes de cera	0.09	1.00
6	Revestimiento árbol de cera	0.10	2.33
7	Horneado árbol de cera	0.08	10.33
8	Fundición de plata y vaciado	0.85	0.33
9	Acabado	1.76	20.00
10	Bonificación a los obreros en plata	0.10	0.17
	Total costo de producción por gramo	5.34	101.17

Fuente y elaboración propias

- vii. Si se utiliza la impresora 3D de menor valor económico, es decir de costo US\$10,000, entonces, los costos de producción de joyas de plata por gramo se disminuirían en un 26% frente al proceso de fabricación tradicional, si utiliza la máquina de mayor valor económico para joyas disponible en el mercado, el costo disminuiría en 11%. A continuación, un resumen:

Tabla 65
Comparativo de costos de producción con otras impresoras 3D de diferente costo de adquisición

Descripción	fabricación tradicional	Impresión 3D (US\$50,000)	Impresión 3D (US\$10,000)	Impresión 3D (US\$36,000)
Total costo de producción por gramo	6.25	5.55	4.64	5.34
Variación impresión 3D / fabricación tradicional		(0.70)	(1.61)	(0.91)
Porcentaje de variación impresión 3D frente a la fabricación tradicional		(11%)	(26%)	(15%)

Fuente y elaboración propias

- viii. A continuación, se comparan los costos de producción por proceso bajo el método de producción actual y el método utilizando a la impresión en 3D:

Tabla 66
Comparativo general de costos de producción por proceso bajo el método de producción actual e impresión 3D

No.	Detalle	Costo - producción actual	Tiempo en minutos (por 1 gramo producido)	Costo - con impresión en 3D	Variación	Porcentaje variación	Explicación de la variación
1	Diseño	0.94	75.00	0.60	0.34	36%	Esta variación se debe a que bajo el método de impresión en 3D no se requiere diseño manual y diseño CAD en 2D. Estos dos pasos, con esta nueva tecnología se reduce al diseño en 3D
2	Moldeo en cera del prototipo	1.76	60.00	-	1.76	100%	Estos procesos se eliminan con la utilización de la impresión en 3D debido a que no se requiere la fabricación de un molde para empezar a producir
3	Árbol de moldes de cera (prototipo)	0.00	1.00	-	0.00	100%	
4	Revestimiento árbol de cera (prototipo)	0.01	2.33	-	0.01	100%	
5	Horneado del prototipo	0.00	10.33	-	0.00	100%	
6	Fundición de plata y vaciado prototipo	0.04	0.33	-	0.04	100%	
7	Acabado del prototipo	0.09	20.00	-	0.09	100%	
8	Bonificación a los obreros en plata	0.00	0.17	-	0.00	100%	
9	Vulcanizado	0.19	30.00	-	0.19	100%	
	Impresión en 3D	-	-	1.62	1.62	100%	
10	Presupuestación de producción	0.07	1.00	0.07	-	0%	
11	Distribución de material	0.07	1.00	0.07	-	0%	
12	Inyección en cera	0.09	1.00	-	0.09	100%	Con la impresión en 3D no se requiere inyección en cera debido a que la impresora 3D puede reproducir directamente las réplicas que sean necesarias de un mismo diseño.
13	Árbol de moldes de cera	0.09	1.00	0.09	-	0%	
14	Revestimiento árbol de cera	0.10	2.33	0.10	-	0%	
15	Horneado árbol de cera	0.08	10.33	0.08	-	0%	
16	Fundición de plata y vaciado	0.85	0.33	0.85	-	0%	
17	Acabado	1.76	20.00	1.76	-	0%	
18	Bonificación a los obreros en plata	0.10	0.17	0.10	-	0%	
	Total de costo de producción por gramo	6.248	236.33	5.34	0.910		

Fuente y elaboración propia

6. Comparación de los requerimientos de activos fijos para una producción tradicional y con impresión 3D

Talleres Tinta no está obligado a llevar contabilidad, debido a que sus ingresos anuales no superan los US\$300,000 (Servicio de Rentas Internas, 2018), monto fijado por el Servicio de Rentas Internas para este propósito. El registro de ingresos y gastos es realizado únicamente con el propósito de realizar las declaraciones semestrales de IVA y declaración anual de impuesto a la renta. No existe un requerimiento formal para registrar o declarar el monto de activos; sin embargo, a propósito de este estudio y luego del levantamiento del proceso de producción, se determinó un estimado del valor de los activos actual y el valor de activos con impresión en 3D. El valor de activos fijos es un estimado que se ha mantenido constante a lo largo de estos siete años:

Tabla 67

Comparativo de activos fijos requeridos en el proceso de producción actual y con impresión 3D

Detalle	Detalle	Valor libros – Actual	Valor en libros – Impresión 3D
Varios equipos utilizados en el proceso de producción de joyas. Ver Tabla 69.	Activos fijos de operación	98,500	133,030
Corresponde a una estimación del espacio y muebles utilizados en el local comercial. Edificación propia.	Activos fijos de ventas	45,000	45,000
Total activos fijos		143,500	178,030

Fuente y elaboración propias

Con la utilización de la impresión en 3D se incrementa el valor de los activos en aproximadamente 35%, que corresponde principalmente al costo de la impresora 3D. Además, los 10 procesos que se eliminan con la utilización de esta nueva tecnología corresponden a trabajos manuales que no requieren mayor utilización de equipo y maquinaria.

El detalle de los equipos utilizados en el proceso de producción actual y con impresión en 3D se muestra a continuación:

Tabla 68
Detalle de equipos utilizados en el proceso de producción actual y con impresión en 3D, en US\$

Detalle de activos fijos estimación	Valor libros - Actual	Valor en libros – Impresión 3D	Variación	% variación
Computador y software	3,000	3,700	700	23%
Impresora 3D y equipos relacionados	-	36,330	36,330	100%
Cautín	300	-	-300	-100%
Costo de una bomba de vacío	5,000	5,000	-	se mantiene
Costo horno de joyería eléctrico	3,500	3,500	-	se mantiene
Costo del equipo de fundición (manguera y soplete)	600	600	-	se mantiene
Costo máquina centrífuga	5,000	5,000	-	se mantiene
Costo equipo de oxígeno (tanque, válvula y mangueras)	1,000	1,000	-	se mantiene
Total costo de equipos para acabado y suelda	37,900	37,900	-	se mantiene
Costo de la vulcanizadora para joyería	1,200	-	-1,200	-100%
Costo equipo de cera perdida	1,000	-	-1,000	-100%
Costo espacio taller	40,000	40,000	-	se mantiene
Total	98,500	133,030	34,530	

Fuente y elaboración propias

El valor de incremento neto de US\$34,530 corresponde principalmente al costo de la impresora 3D y la disminución por no utilización de otros equipos que se dejarían de utilizar por la eliminación de procesos con la introducción de esta nueva tecnología.

7. Comparación de los ingresos con el método tradicional y con impresión 3D

Adicionalmente, el valor de los ingresos anuales reales sobre el valor de los activos actuales y el valor de los ingresos estimados con impresión en 3D sobre el valor de los activos utilizando esta tecnología, muestra los siguientes resultados:

Tabla 69
Comparación de los ingresos con el método tradicional y con impresión 3D

año	Utilidad anual real	Utilidad estimada con impresión 3D (reducción 15% costos)	Utilidad real / Activos actual	Utilidad 3D / Activos con impresión 3D
2012	36,144	53,453	25%	30%
2013	10,927	30,018	8%	17%
2014	40,317	62,040	28%	35%
2015	27,467	45,691	19%	26%
2016	21,252	34,521	15%	19%
2017	3,417	15,315	2%	9%
2018	11,185	20,692	8%	12%
promedio	21,530	37,390	15%	21%

Fuente y elaboración propias

Los resultados indican que, bajo el supuesto de que el número de gramos de producción se mantiene en 1,100, es decir no se incrementa el volumen de producción con la introducción de la impresión en 3D, existirá una disminución de los costos de producción en 15%, lo que provocará que la utilidad promedio anual se incremente y la utilidad sobre el valor de la inversión (activos fijos) aumente en un 6% aproximadamente.

El valor de la inversión en activos para la operación únicamente del área orfebre se recupera en aproximadamente 4.5 años. El tiempo de recuperación si se considera a la impresión en 3D es como sigue a continuación:

Tabla 70
Estimación de tiempo de recuperación de la inversión en la impresora 3D

Periodos – años	0	1	2	3	4	5
Flujo caja – US\$ (incluye financiamiento)	(36,330)	36,029	23,220	25,563	39,514	13,877
Flujo acumulado – US\$	(36,330)	(15,417)	7,803	33,366	72,880	86,757

Fuente y elaboración propias

El tiempo estimado de recuperación de la inversión o *Payback* es de 2 años que se calcula a continuación:

Detalle	Datos	Referencia
Último periodo con flujo negativo (periodo 1) - años	1	(a)
Valor absoluto del flujo acumulado en el periodo (periodo 1) – US\$	20,913	(b)
Flujo de caja del siguiente periodo (periodo 2) – US\$	23,220	(c)
Periodo de <i>Payback</i> o recuperación de la inversión - años (d) = (a)+(b)/(c)	2	(d)

8. Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)

El VAN y TIR para un proyecto de inversión con el método tradicional de producción de joyas de plata y con la utilización de la impresión 3D, presentan los siguientes resultados:

Supuestos generales:

- Incremento en el volumen de ventas del 2% anual, según estimación realizada por Talleres Tinta.
- Para la evaluación de este proyecto se consideran precios constantes: precio de venta por gramo y costo por gramo.
- La tasa de descuento utilizada corresponde a la tasa *WACC* o costo de capital promedio ponderado. El cálculo realizado determinó una tasa del 6.59%. Se tomó

como referencia las tasas activas y pasivas según el Banco Central del Ecuador a octubre 2019. El cálculo es como sigue a continuación:

Tabla 71

Cálculo de la tasa de costo de capital promedio ponderado – CCPP

Detalle	Valor US\$ ó %
Total Pasivo	36,330
Total Patrimonio	141,700
Total Pasivo y Patrimonio	178,030
Tasa activa referencial del BCE a Oct-2019	8.79%
Tasa pasiva referencial del BCE a Oct-2019	6.03%
Fórmula utilizada para calcular la CCPP:	
Fracción de patrimonio	0.80
Fracción de deuda	0.20
CCPP =	6.59%

Fuente y elaboración propias

- Talleres Tinta solicitará un crédito con una tasa de interés activa del 9,76% que corresponde a la tasa de interés publicada por BanEcuador para el sector productivo Pymes a Octubre de 2019. Los intereses generados por esta deuda, a un plazo de 3 años, es de US\$5,466 según el sistema de amortización alemán. El monto total de los desembolsos por financiamiento es de US\$41,796. Estos desembolsos que no se consideran en el cálculo de los flujos futuros de efectivo (Holland, 1976).
- Se analizan tres escenarios que corresponden a los siguientes:
 - i. Análisis de VAN y TIR para aquel que busque invertir US\$141,700 en el sector orfebre, sin impresión 3D, en condiciones similares a Talleres Tinta (venta actual de 1,100 gramos)
 - ii. Análisis de VAN y TIR para aquel que busque invertir en el sector orfebre US\$178,030 con impresión 3D.
 - iii. Análisis de VAN y TIR para talleres orfebres ya instalados y que buscan invertir en impresión 3D con una inversión de US\$36,330. Esta es la situación de Talleres Tinta, que tiene una planta ya instalada y que busca satisfacer la demanda insatisfecha actual a través de la compra de una impresora 3D.

Tabla 72

Estimación flujos futuros – nuevo taller orfebre sin impresión 3D

No.	Gramos	Precio de venta	Costo por gramo	Ventas	Gastos	Flujo neto
0						(141,700)
1	1,100	7,16	6,25	94,483	82,474	12,009
2	1,122	7,16	6,25	96,373	84,124	12,249
3	1,144	7,16	6,25	98,300	85,806	12,494
4	1,167	7,16	6,25	100,226	87,522	12,744
5	1,191	7,16	6,25	102,272	89,273	12,999

Fuente y elaboración propias

VAN=(91,815)

TIR=(22%)

El valor actual neto es negativo y como consecuencia aquel que busque invertir US\$141,700 sin invertir en una impresión 3D, con una venta actual de 1,100 gramos (situación actual de Talleres Tinta), no logrará cubrir las expectativas de retorno o dicho de otra manera, se iniciará con una inversión demasiado cara para el proyecto y no se obtendrán los remanentes deseados. A la par, la tasa interna de retorno es negativa, lo que significa que la inversión no es rentable. En este escenario, la inversión en la producción de joyas de plata no debe ejecutarse.

Tabla 73

Estimación flujos futuros – nuevo taller orfebre con impresión 3D

No.	Gramos	Precio de venta	Costo por gramo (excluye depreciación)	Ventas	Costos y gastos	Flujo Neto
0						(178,030)
1	2,570	7,16	4,43	220,720	164,618	40,988
2	2,621	7,16	4,43	225,134	167,910	44,235
3	2,674	7,16	4,43	229,637	171,268	47,558
4	2,727	7,16	4,43	234,229	174,694	62,528
5	2,782	7,16	4,43	238,914	178,187	64,830

Fuente y elaboración propias

VAN=63,429

TIR=19%

Análisis VAN.- El valor actual neto es positivo y como consecuencia el proyecto de inversión de capital, con la utilización de impresión en 3D debería aceptarse. El valor máximo a obtener con una inversión inicial de US\$178,030 es de US\$241,459; esto es: US\$178,030 de la inversión original más US\$63,429. También, la tasa interna de retorno es positiva, lo que significa que el proyecto es rentable. Bajo este escenario, el proyecto está en capacidad de generar flujos positivos de efectivo y de agregar valor económico.

Tabla 74
Estimación flujos futuros – compra de impresora 3D para un taller operativo

No.	Gramos	Precio de venta	Costo por gramo (excluye depreciación)	Ventas	Costos y gastos	Flujo Neto
0						(36,330)
1	1,100	7,16	4,43	94,483	58,456	36,028
2	1,122	7,16	4,43	96,373	59,625	36,748
3	1,144	7,16	4,43	98,300	60,817	37,483
4	1,167	7,16	4,43	100,266	62,033	38,233
5	1,191	7,16	4,43	102,272	63,274	38,997

Fuente y elaboración propias

VAN=118,729

TIR=98%

Análisis VAN.- El valor actual neto es positivo y como consecuencia el proyecto de compra de la impresora 3D, debe aceptarse. El valor máximo a obtener con una inversión inicial de US\$36,330 es de US\$155,059; esto es: US\$36,330 de la inversión original más US\$118,729, en cinco años. También, la tasa interna de retorno es positiva, lo que significa que el proyecto es rentable. Bajo este escenario, el proyecto está en capacidad de generar flujos positivos de efectivo y de agregar valor económico para talleres ya instalados y que buscan invertir en la compra de una impresora 3d.

Conclusiones y recomendaciones

La tecnología en 3D permitirá mejorar el nivel competitivo de Talleres Tinta debido al directo incremento de la capacidad productiva que permitirá satisfacer la demanda insatisfecha actual, reducir los costos de producción, y crear productos finales personalizados y de alta calidad.

Actualmente, muchas pérdidas se generan en el sector orfebre por reprocesos y fallas en los diseños de los productos que no fueron evaluados exhaustivamente en la fase de diseño de sus productos. Al utilizar esta tecnología, el producto es preciso y exacto porque el objeto es un claro reflejo del diseño digital. Además, permite la identificación oportuna de errores y cambios en de los productos antes su fabricación.

A diferencia de un proceso regular de fabricación, con la impresión en 3D, la complejidad en el diseño del producto no aumenta el costo del bien a fabricar. Bajo el método convencional, existen muchas limitaciones de producción; por ejemplo, se necesitarían varios procesos de producción para obtener un producto final como el de un anillo de diseño complejo; con apoyo de la impresión en 3D, este proceso se simplifica significativamente.

En definitiva, las compañías de joyería que mejor puedan anticipar y capitalizar las tendencias que cambian la industria de la joyería, como lo es la impresión en 3D, evolucionarán y se mantendrán en el mercado.

1. Conclusiones

- i. Con la introducción de la impresión en 3D, Talleres Tinta incrementará su capacidad productiva a un máximo de 2,570 gramos (Tabla 61) y le permitirá satisfacer su demanda insatisfecha actual que es de 1,100 gramos. A su vez, este aumento generará para Talleres Tinta mayores flujos de efectivo por más de US\$113,263 en cinco años, neto de la inversión en la impresora 3D. Como conclusión principal, la compra de esta máquina es viable para Talleres Tinta y cualquier otro taller orfebre con características similares.
- ii. También, la introducción de la impresora en 3D impacta la estructura de procesos, que se evidencia con la eliminación de 8 procesos productivos. Bajo el método actual de producción, Talleres Tinta ejecuta 18 procesos para obtener una joya de plata. Con la introducción de la impresión en 3D en la producción, los procesos se reducen a 10

- iii. La eliminación de 8 procesos al utilizar la impresión en 3D en la producción de joyas, particularmente en Talleres Tinta, generaría un ahorro del 57% del tiempo comparado con los tiempos utilizados en producción convencional de joyas. En el análisis realizado, el número de minutos por gramo de joya de plata producida es de 236.33 mientras que, si se utiliza la impresión en 3D en los procesos de producción, el número de minutos se reduce a 101.17, esto es una disminución de 135.17 minutos por gramo de plata.
- iv. La introducción de la impresora en 3D disminuye los costos de producción de joyas de plata, aplicable también para cualquier otro tipo de metal que pueda ser fundido. La reducción de 135.16 minutos genera a su vez un ahorro de US\$0.91 por cada gramo de joya de plata producido en Talleres Tinta, esto es 15% menos que el costo de producción actual.
- v. El costo de producción por gramo de plata fabricado bajo el método tradicional en Talleres Tinta es de US\$6.25. Al implementar un proceso de producción con apoyo de una impresora en 3D, el costo de producción por gramo de plata fabricado sería de US\$5,34; para Talleres Tinta y en base a su producción actual.
- vi. Con la implementación de la impresión en 3D en los procesos productivos del sector joyero, los requerimientos de mano de obra de orfebres se reducen en aproximadamente 52%. La implementación de la impresión en 3D, así como otras tecnologías similares, pueden desplazar la mano de obra de artesanos orfebres, en especial aquellos que no cuentan con instrucción en diseño digital en 3D, esta tecnología paulatinamente irá generando despidos y/o contratación de menos personal.
- vii. Los nuevos procesos con mayor impacto en la producción son: i. el diseño en 3D y ii. la impresión en 3D; ambos representan el 42% de los costos y el 64% del tiempo utilizando en la producción de un gramo de joya de plata. Sin embargo, Talleres Tinta no cuenta con personal capacitado para el diseño e impresión en 3D por lo que actualmente debe subcontratar este servicio.

El diseño en 3D es una de las debilidades al momento de introducir la tecnología en 3D en la industria ecuatoriana, y particularmente en el sector orfebre debido a que el diseño en 3D de joyas requiere mayor especialización por el nivel de detalles y complejidad geométrica de sus diseños.

Como se demuestra en los párrafos precedentes, la tecnología 3D incrementará la capacidad productiva en Talleres Tinta y el sector orfebre así como la calidad de los

productos; sin embargo, se requiere un alto nivel de conocimientos en diseño de joyas en 3D e impresión en 3D, instrucciones que los artesanos orfebres actualmente no poseen por lo que existe una alta probabilidad de que producto de este proceso de tecnificación, los actuales artesanos orfebres queden desplazados, sin empleo y cierre de talleres por falta de tecnificación y eficiencia.

2. Recomendaciones

- i. Se recomienda a Talleres Tinta utilizar la tecnología en 3D como parte del proceso productivo, e invertir en una máquina impresora en 3D diseñada para el sector joyero, con un monto máximo de US\$36,000, y cuyo financiamiento sea de máximo de 3 años. En adición, el análisis TIR de los flujos futuros de la operación con apoyo de la impresión en 3D es positiva y genera un rédito de U\$82,495 en adición a la inversión original.
- ii. Debido a que con la introducción de la impresión en 3D en el proceso productivo orfebre se reducen procesos, costos y tiempos, se recomienda a Talleres Tinta utilizar los recursos ahorrados en mejorar los tiempos de despacho de los pedidos, aumentar la creación de diseños originales, incrementar la producción para satisfacer la demanda actual y desarrollar una plataforma en la web que permita la venta de productos personalizados y exclusivos.
- iii. Se recomienda a Talleres Tinta, a los diferentes gremios de orfebres del país, como el Gremio de Orfebres de Pichincha, y a la Junta Nacional de Defensa del Artesano a invertir recursos en capacitación en temas relacionados a: la utilización de programas de diseño asistido CAD (*Computer Aid Design*), programas de diseño de joyas y diseño e impresión en 3D.
- iv. El alto costo de las impresoras en 3D y sus materiales limita la introducción de esta tecnología en el sector orfebre. Se recomienda a los diferentes gremios de orfebres del país buscar alternativas que beneficien a todos sus agremiados, por ejemplo, que: el Gremio de Orfebres de Pichincha adquiera impresoras 3D para joyería y preste el servicio de impresión en 3D y capacitación a todos sus socios. Este servicio particular del gremio debe generar un margen de utilidad que permita la auto sustentación del proyecto y la compra de impresoras de mayor calidad.
- v. Talleres Tinta no cuenta con un proceso de producción formal documentado que permita determinar y conocer con exactitud los costos de producción por joya o lote de producción por lo que se recomienda utilizar órdenes de producción que

permita determinar con los costos reales fijos y variables del proceso de producción.

- vi. Actualmente, para ser considerado un Taller Artesanal, el Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano permite una inversión no superior al 25% del capital fijado para la pequeña empresa que es de máximo US\$87,500 (25% de US\$350,000) en implementos de trabajo, maquinarias y materias primas. En este sentido, se recomienda a la Junta Nacional de Defensa del Artesano incrementar el nivel de inversión en los talleres artesanales hasta el 50% sobre el capital fijado para la pequeña empresa, de lo contrario los talleres que introduzcan la impresión en 3D en sus procesos productivos podrían perder la calificación artesanal y dejar de percibir beneficios tributarios asociados a su calificación como artesanos y como consecuencia perder competitividad en el mercado.

Bibliografía

- Aspan, J. (22 de Marzo de 2018). 10 Top 3D Printing Companies. *Investing News*, pág. 1.
- Basco, A. I., Beliz, G., Diego, C., & Garnero, P. (2019). *Industrias 4.0: Fabricando el futuro*. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Berchon, M., & Bertier, L. (2016). *La impresión 3D*. Barcelona: Groupe Eyrolles.
- Betz, F. (2019). *Innovation, Science and Technology Policy*. London: World Scientific Publishing Co Pte. Ltd.
- Bhatia, S., & Ramadurai, K. (2017). *3D printing and bio-based materials in global health*. Newark: Springer Nature.
- BID. (2018). *Evaluación del programa de país Ecuador 2012-2017*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Casini, M. (2016). *Smart Buildings: Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy*. Milano: Woodhead Publishing.
- Chalmers, A. (2000). *¿Qué es esta cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo veintiuno de España S.A.
- Código del Trabajo, Registro Oficial Suplemento 167 de 16-dic.-2005, última modificación 6-abril-2018 (Ministerio del Trabajo 06 de Abril de 2018).
- Columbus, L. (23 de Mayo de 2017). The State of 3D Printing, 2017. *Forbes*, pág. 1.
- Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador. (2017). *Estudios sectoriales: Manufactureras*. Quito: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
- Envisiontec. (18 de Agosto de 2017). *Jewelry Industry*. Obtenido de <https://enviontec.com/3d-printing-industries/professional/jewelry/>
- Ersnt&Young. (2016). Reporte global sobre impresión en 3D. *Centro de estudios de Ernst & Young*, 1-21.
- Euromonitor International. (2017). *Jewellery in Latin America*. England: Euromonitor International.

- García, M. (2008). *Las claves de la publicidad*. Madrid: ESIC.
- Hester, R., & Harrion, R. (2013). *Issues in environmental science and technology: waste as a resource*. Michigan: Royal Society of Chemistry.
- Ian Gibson, D. R. (2015). *Additive Manufacturing Technologies*. Nueva York: Sexta.
- Instituto nacional de estadísticas y censos. (2010). *Manual de usuario CIU - Clasificación Industrial Industrial Uniforme*. Quito: INEC.
- Kai, C., & Fai, K. (2014). *3D Printing and Additive Manufacturing*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2007). *Procesos de manufactura para materiales de ingeniería*. Mexico: Pearson Education.
- Keenan, T. (2014). *Technocreep: The surrender of Privacy and the Capitalization of Intimacy*. Vancouver: Graystone Books.
- Ley de Defensa del Artesano. (2008). *Ley de Defensa del Artesano*. Quito: Registro Oficial.
- Materialise. (20 de Julio de 2017). *Home: Blog*. Obtenido de Materialise: www.materialise.com
- Mckinsey&Company. (2014). *Perspectives on retail and consumer goods*. USA: Global Editorial Services.
- Milewski, J. (2017). *Additive Manufacturing of Metals*. Santa Fe, USA: Springer Series in Material Science.
- Ministerio de Industrias y Productividad. (18 de Agosto de 2017). *Ministerio de Industrias y Productividad*. Obtenido de Ley Orgánica de Desarrollo Artesanal será la plataforma de desarrollo del sector: www.industrias.gob.ec/ley-organica-de-desarrollo-artesanal-sera-la-plataforma-de-desarrollo-del-sector
- Ministerio de Industrias y Productividad; FLACSO Ecuador. (2012). *Artesanías y joyas para exportación*. Quito: FLACSO.
- Nasdaq. (19 de Marzo de 2018). *3D Systems (DDD) vs. Stratasys (SSYS): Which Had the Better 2017 Results?* Obtenido de <https://www.nasdaq.com/article/3d-systems-ddd-vs-stratasys-ssys-which-had-the-better-2017-results-cm936555>

- OCDE. (2017). The Next Production Revolution, implications for government and businesses. *OCDEpublishing*, 442.
- Ortiz, J. (2013). *Gestión Financiera*. Madrid: Editex.
- Peacock, S. R. (2014). Por qué la manufactura importa: impresión en 3D, diseños asistidos por computadora, y el aumento en las infracciones en el uso de patentes. *William & Mary Law Review*, 1934-1960.
- Petrick, I., & Simpson, T. (2015). La impresión en 3D reemplaza a la manufactura: cómo las economías pueden crear nuevas reglas de competición. *Research - Technology Management*, 12-16.
- Royce-Greensill, S. (6 de Octubre de 2015). Is 3D printing the future of fine jewellery? *The Telegraph UK*, pág. 1.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Genova: World Economic Forum.
- Servicio de Rentas Internas. (2018). *Mi Guía Tributaria*. Quito: Servicio de Rentas Internas.
- Servicio de Rentas Internas del Ecuador. (2015). *Mi guía tributario artesanos*. Quito: Servicio de Rentas Internas del Ecuador.
- Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia SENA. (2005). *Caracterización Ocupacional de la Cadena Productiva de la Joyería en Colombia*. Bucaramanga: Dirección del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo.
- Shapeways. (14 de Febrero de 2018). *Shapeways*. Obtenido de <https://springandwonder.shapeways.com/>
- Solidscape. (18 de Agosto de 2018). *New S390*. Obtenido de <https://www.solidscape.com/s390-3d-printer/>
- Statista. (2016). *Largest jewelry markets worldwide in 2016, by country*. London: The Statista Portal.
- Statista. (2018). *Jewelry store sales in the United States from 1992 to 2016*. London: The Statista Portal.
- Stephens, B., Azimi, P., Elorch, Z., & Ramos, T. (2013). Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers. *ELSEVIER, Atmospheric Environment*, 334-339.

Stratasys. (18 de Agosto de 2018). *Stratasys*. Obtenido de <http://www.stratasys.com/es/resources/rapid-prototyping>

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (29 de Enero de 2019). *Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros*. Obtenido de Indices de Gestión: <http://portal.supercias.gob.ec/wps/portal/Inicio/Inicio/MercadoValores/Estadisticas/IndicesGestion>

Tibbits, S., McKnelly, C., Olguin, C., Daniel, D., & Shai, H. (2014). 4D Printing and Universal Transformation. *ACADIA 14: Design Agency*, 539-548.

Vazhnov, A. (2013). Impresión 3D: cómo va a cambiar el mundo. Buenos Aires: Baikal.

World Economic Forum. (2017 y 2018). *The Global Competitiveness Report 2017 y 2018*. Genova: World Economic Forum.

3D System. (18 de Agosto de 2019). *Project MJP 2500 W*. Obtenido de <https://es.3dsystems.com/3d-printers/projet-mjp-2500w>