

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Estudio de la Pre factibilidad técnica y financiera sobre el uso potencial de las técnicas de superficie XPS y espectroscopia Auger en los materiales utilizados en la industria de dispositivos médicos en Costa Rica

Proyecto de Graduación sometido a la consideración por la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Química

María Fernanda Luna Muñoz

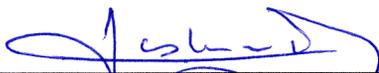
CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO BRENES
SAN JOSÉ, COSTA RICA

2019

Proyecto de graduación presentado ante la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química.

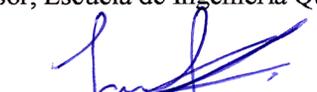
Sustentante:
María Fernanda Luna Muñoz

COMITÉ ASESOR



Presidente del Tribunal

Ing. Esteban Durán Herrera, PhD
Profesor, Escuela de Ingeniería Química UCR



Director del Proyecto

Ing. Lautaro Ramirez Varas, PhD
Profesor, Escuela de Ingeniería Química UCR



Miembro Asesor
Jose Antonio Losilla Yamasaki, PhD
Ingeniero Principal de Boston Scientific



Miembro Asesor
M.Sc., Randall Ramirez Loria
Profesor, Escuela de Ingeniería Química UCR



Miembro Invitado

Ing. Alfredo López Calvo, PhD
Profesor, Escuela de Ingeniería Química UCR

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO BRENES

2019

DEDICATORIA

A Dios porque sin él nada es posible,

Y a mis Padres,

por ser el motor de cada día

AGRADECIMIENTOS

Gracias infinitas a mis padres que con su apoyo, amor y sacrificio me hicieron llegar a este punto de mi vida y me han hecho la persona que soy hoy. A papi por siempre creer en mis capacidades y a mami por todos sus sacrificios y por ser siempre mi consejera. No puedo tener mejores padres. ¡Los amo!

A mi hermanito Rodrigo por siempre sacarme una sonrisa e igual apoyarme en todo momento.

Agradecimientos especiales al profesor Lautaro Ramirez por darme la oportunidad de desarrollar y aprender de este tema y por guiarme en todo este proceso. También por incentivarme a escribir mi primer artículo científico. Al profesor Randall Ramírez por su disposición a ayudarme con el proyecto y por toda la guía que me dio durante su realización. También a Jose Losilla por ser la primera persona del sector de los dispositivos médicos en abrirme la puerta, mostrar interés en el proyecto y en ayudarme queriendo ser uno de mis lectores. Muchas gracias a Esteban Avendaño director del CICIMA, los gestores de Auge y al equipo de Encadenamientos Productivos de PROCOMER por ayudarme con información valiosa para este proyecto, así como mostrar interés en él.

A Kevin por apoyarme en toda mi etapa universitaria, por siempre darme palabras de aliento cuando las he necesitado. Muchas gracias por todo el amor y comprensión.

Gracias a mis compañeros de carrera, de quienes aprendí muchas cosas, con quienes compartí todos esos proyectos finales, reportes, tareas, estudiadas y trasnochadas que nos dimos en uno u otro momento.

Gracias Vivi, Andre, Chris por compartir los últimos esfuerzos de la carrera conmigo y por apoyarme con este proyecto. Vivi gracias porque juntas nos dimos el último empujón para concluir con nuestros proyectos de graduación.

Gracias a todos los profesores y las profesoras que compartieron su conocimiento y experiencia con nosotros, sin ustedes no habría sido posible.

RESUMEN

El propósito de este proyecto es realizar un estudio de prefactibilidad técnica y financiera para establecer en Costa Rica un laboratorio con las técnicas de caracterización superficial XPS y espectroscopia Auger para ser utilizado por la industria de dispositivos médicos en Costa Rica. Para lograr los objetivos propuestos primeramente se realizó una encuesta de forma virtual y presencial a diferentes empresas de dispositivos médicos, de la cual se obtuvieron las principales técnicas de caracterización superficial utilizadas internacional y localmente, frecuencia de uso de estas pruebas e interés en utilizarlas.

El laboratorio se ubicará en alguna de las zonas francas de Costa Rica, principalmente por la cercanía que tendrá con el clúster de dispositivos médicos. El equipo seleccionado para este estudio fue el Specs – NAP XPS, ya que además de poseer ambas técnicas Auger y XPS, posee un módulo multitécnico, donde se pueden realizar otras pruebas de caracterización.

El equipo elegido cuenta con un sistema de ultra alto vacío, una fuente de rayos X monocromador $K\alpha$, una fuente de iones para realizar perfiles de profundidad, un analizador hemisférico, manipulador de muestras de 4 ejes, así como, un sistema de registro y procesamiento de datos para cuantificación automática de picos.

La inversión total inicial es igual a \$ 1 243 105, 00 y será financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo. El servicio por análisis de caracterización con XPS se cobrará a \$ 1000 durante los primeros cuatro años.

Al evaluar la rentabilidad del proyecto se obtiene una Tasa Interna de Retorno igual a 16 %, un Valor Actual Neto positivo de \$ 140 853,32. La inversión se recuperará en 3 y 4 años aproximadamente y el proyecto es más sensible a la variación en el precio del servicio, la cantidad de clientes y los salarios de los empleados.

Se recomienda buscar en el futuro más cotizaciones de equipos de XPS, ya que para este proyecto solo se contó con una cotización formal, debido a que las casas comerciales solicitan una señal de trato para empezar a diseñar el equipo y enviar cotizaciones preliminares.

Tabla de Contenidos

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 Análisis Superficial.....	3
2.1.1 Caracterización superficial.....	3
2.2 Espectroscopia de Rayos X.....	4
2.2.1 Espectroscopía de energía dispersada (EDS).....	5
2.2.2 Difracción de Rayos X (XRD).....	5
2.3 Espectroscopia Fotelectrónica de Rayos X (XPS)/Técnica de caracterización superficial.....	6
2.3.1 Proceso de Fotoemisión.....	6
2.3.2 Principio de funcionamiento de XPS.....	7
2.4 Aplicaciones de la técnica y campo de estudio.....	8
2.5 Auger.....	9
2.6 Espectroscopia en IR:.....	10
2.7 Clusters.....	11
2.8 Clústers médicos en Costa Rica.....	12
2.9 Dispositivos médicos.....	13
2.9.1 Clasificación de los Dispositivos Médicos.....	13
3 Recursos, limitaciones y necesidades de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuánto a técnicas de caracterización superficial.....	15
3.1 Recursos de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuánto a técnicas de caracterización superficial.....	15
3.1.1 Profesionales nacionales dentro del país.....	15
3.1.2 Vinculación con instituciones de I + D:.....	18
3.1.3 Profesionales nacionales fuera del País como potencial.....	18
3.1.4 Infraestructura.....	19

3.1.5 Fuentes de Financiamiento	22
3.2 Limitaciones de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuánto a técnicas de caracterización superficial	25
3.2.1 Infraestructura.....	25
3.2.2 Personal	27
3.2.3 Acceso al financiamiento	28
3.3 Determinar las necesidades que posee la industria médica en Costa Rica en cuánto a técnicas de superficie.....	29
4 Soluciones técnicas para solventar las necesidades de la industria médica en cuanto a técnicas de superficie.....	35
4.1 Componentes necesarios para un espectrómetro Fotoelectrónico.....	35
4.1.1 Cámara de Vacío	36
4.1.2 Fuente de Rayos X.....	37
4.1.3 Pistola de electrones para Auger (Electron Gun):	38
4.1.4 Analizador de energía de electrones	39
4.1.5 Compensación de carga en XPS	41
4.1.6 Detectores	41
4.1.7 XPS para imágenes y mapeo	42
4.1.8 Perfil de Composición de Profundidad.....	42
4.1.9 Manipulación de las muestras.....	44
4.2 Aplicaciones de análisis superficial en la industria de dispositivos médicos:.....	49
4.3 Requisitos de personal	50
4.4 ACREDITACIONES	52
4.5 Instalaciones	53
5 ANÁLISIS FINANCIERO.....	55
5.1 Capital de trabajo	55
5.2 Inversión total del capital	56
5.3 Financiamiento	57
5.4 Precio de venta.....	58
5.5 Flujo de caja y recuperación de la inversión	58
5.6 Análisis de rentabilidad	62
5.7 Análisis de sensibilidad	63

Flujo de caja y recuperación de la inversión	67
Análisis de rentabilidad	70
6 NORMATIVA.....	71
6.1 ISO 17025 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración).....	71
6.1.1 Requisitos de Personal.....	72
6.1.2 Instalaciones y condiciones ambientales	72
6.1.3 Equipamiento.....	72
6.1.4 Trazabilidad metrológica.....	73
6.1.5 Productos y servicios suministrados externamente	74
6.1.6 Requisitos del proceso	74
6.1.7 Validación de los métodos.....	75
6.1.8 Muestreo	75
6.1.9 Evaluación de la incertidumbre de medición	75
6.1.10 Aseguramiento de la validez de los resultados.....	76
6.1.11 Informe de resultados	76
6.2 Políticas que deben cumplir los laboratorios de ensayo	76
6.2.1 Política de Trazabilidad:	76
6.2.2 Política de Validación de métodos:	78
6.2.3 Política de incertidumbres:	79
6.2.4 Política de intercomparaciones laboratoriales:	80
7 IDEA DE NEGOCIO/ AUGE	83
7.1 Fase azul	83
7.7.1 Herramientas utilizadas	83
7.2 Fase Amarilla.....	87
7.2.1 Módulo 1 (Equipo emprendedor)	87
7.2.2 Módulo 2 (Descubrimiento del Cliente).....	89
7.2.3 Módulo 3 (Diseño de la solución)	91
7.2.4 Módulo 4: Propuesta de Valor.....	93
7.2.5 Módulo 5 (Adquisición de clientes)	96
7.2.6 Módulo 6 (Modelo Financiero)	98

8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
8.1	CONCLUSIONES	101
8.2	RECOMENDACIONES	101
9	Bibliografía.....	103
	NOMENCLATURA.....	111
	APÉNDICES	113
A.	Cálculos intermedios.....	113
	Cuadro A.1. Cálculos del préstamo a 10 años.....	113
	Anexo 1. Encuesta	118
	Anexo 3. Test de roles	135
	Anexo 4. Ficha de colaboradores	136
	Anexo 5. Definición de segmentos.....	137
	Anexo 6. Segmento y Perfil inicial.....	138
	Anexo 7. Tamaño de mercado estimado	139
	Anexo 8. Validación de las necesidades de los clientes	140
	Anexo 9. Trabajos por hacer.....	141
	Anexo 10. Caso de uso	142
	Anexo 11. Propuesta de Valor.....	143
	Anexo 12. Posición competitiva.....	144
	Anexo 13. Proceso de adquisición de clientes.....	145
	Anexo 15. Certificado de conclusión de la Fase Amarilla	147

Índice Figuras

Figura 1. Clasificación de las capas superficiales. Adaptado de Thermo Scientific (Thermo Scientific , 2018).....	4
Figura 2. Proceso de fotoemisión en XPS. (LINAM, 2018)	7
Figura 3. Agentes principales de un clúster industrial. (Fernández J. , 2006).....	11
Figura 4. Porcentaje de uso de técnicas de caracterización superficial de materiales en la industria de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.	30
Figura 5. Frecuencia de uso de las técnicas de caracterización Superficial en Costa Rica, en la industria de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.	31
Figura 6. Conocimiento de las empresas de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores acerca de la Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X (XPS).	32
Figura 7. Interés de las empresas de dispositivos médicos en utilizar Espectroscopía Fotoelectrónica de rayos X (XPS).....	33
Figura 8. Principales partes de un XPS. Elaborado por Maria Fernanda Luna.....	36
Figura 9. Recuperación de la inversión inicial.....	60
Figura 10. Metodología de trabajo de los startups (Ries, 2011).....	84
Figura 11. Embudo de adquisición de clientes (AUGE, 2018).....	98

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Resumen de las técnicas de caracterización de materiales más utilizados.....	9
Cuadro 2. Resumen del Perfil del recurso humano en las áreas de ciencia y tecnología 2013, distribución porcentual. (HIPATIA, 2014)	16
Cuadro 3. Resumen del Recurso humano en Ciencia y Tecnología, por grupos de edades, según áreas y subáreas del conocimiento 2013(HIPATIA, 2014).....	17
Cuadro 4. Resumen de las Unidades de I + D consultadas, según las actividades científicas y tecnológicas que realizan 2013.(HIPATIA, 2014)	26
Cuadro 5. Semejanzas entre equipos comerciales de XPS.(Thermo Scientific , 2019) (Specs, 2019) (SPECS, 2018).....	47
Cuadro 6. Diferencias entre equipos comerciales de XPS.(Thermo Scientific , 2019) (Specs, 2019) (SPECS, 2018).....	48
Cuadro 7. Lineamientos de instalaciones ambientales para laboratorios de calibración(Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), 2003).	53
Cuadro 8. Materia prima requerida para brindar el servicio.	55
Cuadro 9. Costo de servicios auxiliares	56
Cuadro 10. Costo mensual de los salarios de los empleados (MTSS, 2018)	56
Cuadro 11. Inversión total de capital.	57
Cuadro 12. Resumen del préstamo bancario.	58
Cuadro 13. Flujo de caja a diez años en miles de dólares.....	61
Cuadro 14. Análisis de sensibilidad para el proyecto.	64
Cuadro 15. Perfiles necesarios para el equipo emprendedor.	88

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, Costa Rica ha sido partícipe de un constante crecimiento de la inversión extranjera directa (IED). Este se ha convertido en parte del modelo de desarrollo del sector de manufactura, permitiendo generar oportunidades de empleo, especialmente por el conglomerado de empresas de manufactura de dispositivos médicos. El conglomerado se ha instalado en el país bajo el régimen de zonas francas producen desde Costa Rica (entiéndase manufactura, suplidores e industria de dispositivos de capital nacional e internacional) dispositivos que son utilizados alrededor del mundo. El sector de *ciencias de la vida* es hoy uno de los más dinámicos en el país en términos de exportaciones y empleo. La llegada de empresas en este sector ha crecido nueve veces desde el año 2000 al 2015, pasando en el 2000 de 8 empresas del sector a 68 que se contabilizaron en el 2015. (CINDE, 2017) Además 6 de las 10 empresas de dispositivos cardiovasculares más grandes del mundo cuentan con plantas de operaciones en Costa Rica, (CINDE , 2016) siendo el segundo país exportador de dispositivos médicos en América Latina. (PROCOMER , Cinde , & CRbiomed , 2014)

Según cifras de PROCOMER 2016 (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica), el país exportó \$ 2500 millones en dispositivos médicos, representando el 26 % del total de las exportaciones de Costa Rica en este mismo año, casi igualando al sector agrícola. (Alpizar , 2017). Igualmente, en términos de generación de empleo el sector ha crecido 13 veces su tamaño entre el año 2000 y el 2015, alcanzando más de 19 000 puestos de trabajo, según La Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE. Se espera que las empresas de dispositivos médicos instaladas en Costa Rica sigan creciendo y evolucionen hacia productos más complejos, pasando de producir dispositivos Clase I a Clase II y Clase III (CINDE, 2017)

Aunque el país posee ventajas competitivas que permite la llegada de más empresas de este tipo, hay retos que pueden frenar el avance, ya que, pese a los esfuerzos realizados para la consolidación de este capital extranjero, no se ha logrado tener un gran impacto en la transferencia tecnológica, la integración de los productores nacionales y los encadenamientos productivos han sido muy limitados. En un diagnóstico sobre el impacto que ha tenido la inversión extranjera directa en el país, Cordero y Paus señalan como la inversión extranjera directa (IED) no ha contribuido de manera significativa al avance de los activos de conocimiento del país. Esto porque el aporte se ha reducido principalmente al entrenamiento de trabajadores y a mejoras en los planes de estudio de las principales universidades. (Cordero & Paus , 2008)

Dentro de los obstáculos que se presentan para fomentar los encadenamientos productivos y el desarrollo de una red de suministro local más extensa y de mayor profundidad que logre la inserción

en las cadenas globales de valor están: la falta de capacitación de empresas locales, apoyo técnico y de financiamiento para los procesos de certificación y adquisición de equipo. (Govaere , 2017)

En el estudio internacional: “Cadenas Globales de Valor y diversificación de exportaciones: el caso de Costa Rica”, enumera desafíos para reforzar la competitividad interna: como promover encadenamientos entre empresas multinacionales y pequeñas y medianas empresas; aumentar recursos para invertir en innovación e investigación y desarrollo; adaptar oferta educativa a demandas del sector productivo; superar atrasos en infraestructura, logística y sector energético; ampliar la institucionalidad para la política de competitividad y lograr un mayor apoyo a la estrategia de inserción internacional. (Ramirez , 2017)

En el 2014, CINDE realizó un mapeo de las necesidades de laboratorio en las empresas de IED de manufactura avanzada y ciencias de la vida donde el mapeo dio como resultado la necesidad de brindar servicios de laboratorio que se requieren en la actualidad como lo son: laboratorios de calibración de patrones y equipos, laboratorios de análisis de materiales, composiciones químicas y características mecánicas, laboratorio de análisis químicos, laboratorios de mediciones ambientales y análisis de agua y laboratorios microbiológicos. Todos estos requieren acreditaciones (ISO 17025) del Ente Costarricense de Acreditación (ECA) trazables a patrones del National Institute of Standards and Technology NIST. (Cinde, 2014)

Es en este contexto que el trabajo desea mostrar un instrumento necesario para la innovación y la mejora de las capacidades de investigación. Lo anterior, a través del establecimiento de un laboratorio de análisis en química superficial que promueva un entorno más dinámico para el desarrollo científico y tecnológico del país. Este estudio pretende exponer un caso específico para colaborar con los esfuerzos realizados en el mapeo de las necesidades de CINDE. (Cinde, 2014)

2. MARCO TEORICO

2.1 Análisis Superficial

A medida que aumenta la demanda de materiales de alto rendimiento (materiales resistentes, duraderos, ligeros entre otros), también aumenta la importancia de la ingeniería de superficies.

La superficie del material es el punto de interacción con el entorno externo y otros materiales, por lo tanto, muchos de los problemas, ventajas o cualidades según su función asociados con los materiales modernos se pueden resolver solo entendiendo las interacciones físicas y químicas que ocurren en la superficie o en las interfaces de las capas de un material. La superficie influirá en factores tales como la velocidad de corrosión, la actividad catalítica, las propiedades adhesivas, la humectabilidad, el potencial de contacto y los mecanismos de falla. (Thermo Scientific , 2018)

La modificación de la superficie se puede utilizar para alterar o mejorar estas características, por lo que el análisis de la superficie se utiliza para comprender la química de la superficie de un material e investigar la eficacia de la ingeniería de superficie.

Desde recubrimientos de utensilios antiadherentes hasta componentes electrónicos de película delgada y superficies bioactivas, la espectroscopía de fotoelectrones de rayos X es una de las herramientas estándar para la caracterización de superficies.

2.1.1 Caracterización superficial

Una capa superficial se define como un espesor de hasta tres capas atómicas (~ 1 nm). Las capas de hasta aproximadamente 10 nm se consideran películas ultradelgadas, y las capas de hasta aproximadamente 1 μm son películas delgadas. El resto del sólido se conoce como *bulk* del material, como se muestra en la Imagen 1. Sin embargo, esta terminología no es definitiva, y la distinción entre los tipos de capa puede variar según el material y su aplicación. (Aziz & Ismail, 2017)

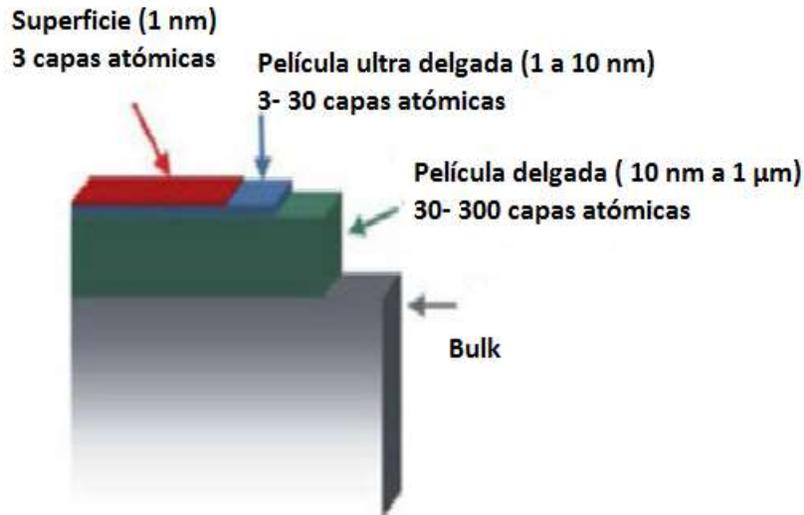


Figura 1. Clasificación de las capas superficiales. Adaptado de Thermo Scientific (*Thermo Scientific* , 2018)

La superficie representa una discontinuidad entre una fase y otra, por lo tanto, las propiedades físicas y químicas de la superficie son diferentes a las del *bulk* del material. Estas diferencias afectan en gran medida a la capa atómica superior del material. En el *bulk* del material, un átomo está rodeado por todos lados de forma regular por los átomos que componen ese material. Debido a que un átomo superficial no está rodeado de átomos en todos sus lados, tiene potencial de unión, lo que hace que el átomo superficial sea más reactivo que los átomos del *bulk*.

El análisis de superficie contribuye a la comprensión de cada una de estas áreas:

- Semiconductor/ microelectrónica
- Microcircuitos
- Películas ultradelgadas
- Soldadura
- Limpieza
- Estabilidad de película fina
- Catálisis
- Plásticos/ Recubrimientos
- Industria Química
- Corrosión
- Industria Metal/ Acero
- Fatiga
- Segregación de límites de grano
- Revestimientos
- Corrosión
- Oxidación
- Falla por fatiga
- Adhesivos

2.2 Espectroscopia de Rayos X

La espectrometría de rayos X es un conjunto de técnicas espectroscópicas para la determinación de la estructura electrónica de materiales mediante el uso de excitación por rayos X.

Los métodos de rayos X implican la excitación de un átomo mediante la eliminación de un electrón de un nivel de energía interno, generalmente desde el nivel más interno de K o desde uno de los tres

niveles de L. Los átomos se pueden excitar mediante el bombardeo directo de la muestra con electrones (análisis de emisión directa, microanálisis con sonda de electrones y espectroscopia de emisión de Auger) o mediante la irradiación de la muestra con rayos X de longitud de onda más corta que los elementos analitos (análisis de fluorescencia de rayos X). (Pradyot , 2004)

2.2.1 Espectroscopía de energía dispersada (EDS)

La espectroscopia de energía dispersiva de rayos X es una técnica analítica que proporciona información acerca de la composición química de las partículas ya que cuando la muestra es irradiada con un haz de electrones se generan rayos X que pueden ser detectados. Una señal del detector es proporcional tanto a la energía como a la intensidad de los Rayos. Posee un límite de detección de (1000 nm – 2000 nm), y posee un corto tiempo de adquisición para adquirir el espectro. (Khandpur, 2006)

2.2.2 Difracción de Rayos X (XRD)

La Difracción de Rayos X es una de las técnicas más eficaces para el análisis cualitativo y cuantitativo de fases cristalinas de cualquier tipo de material, tanto natural como sintético. El análisis se efectúa mediante la comparación de patrones de difracción recopilados de una muestra desconocida con los patrones de difracción de compuestos conocidos.

Los estudios de polimorfismo, transiciones de fase, soluciones sólidas, medida del tamaño de partícula, determinación de diagramas de fase se realizan habitualmente por difracción de rayos X.

En la Difracción de rayos X, se utilizan generalmente tres tipos de radiaciones para la difracción: rayos X, electrones y neutrones. La radiación más utilizada para la difracción es la radiación de cobre $K\alpha$ a 1.5418 Å de longitud de onda. Generalmente se utilizan dos enfoques para el análisis de datos de difracción de rayos X. Estas son las ecuaciones de Laue y la ley de Bragg.

En las ecuaciones de Laue, la difracción de un cristal unidimensional se puede tratar de la misma manera que la difracción mediante una rejilla óptica. En la proyección, la rejilla es como una serie de puntos similares a un cristal.

En una disposición de cristales, los átomos son periódicos en las tres direcciones y se pueden escribir tres ecuaciones de Laue independientes. Las tres ecuaciones deben satisfacerse simultáneamente para que ocurra la difracción. (Pradeep , Understanding Nanoscience and Nanotechnology, 2007)

2.3 Espectroscopia Fotoelectrónica de Rayos X (XPS)/Técnica de caracterización superficial

También conocida como Espectroscopía Electrónica para Análisis Químico (ESCA), es una herramienta espectroscópica no destructiva para estudiar superficies. Mediante esta técnica con excepción del hidrógeno y el helio y con una abundancia de al menos 0,1 % atómico, cualquier material sólido puede ser detectado. (Patnaik & Dean, 2004) La popularidad de la técnica radica en la alta sensibilidad superficial que alcanza, con profundidades de análisis de aproximadamente 3nm -10 nm. (Anderson Materials Evaluation Inc, 2015)

La Espectroscopia Fotoelectrónica de Rayos X (XPS), es uno de los métodos de caracterización de superficies ampliamente utilizado hoy en día. Su popularidad radica del alto contenido de información que suministra y la flexibilidad para ser utilizada en una gran variedad de muestras. La técnica XPS proporciona información química que los métodos clásicos no brindan, esta es utilizada en investigación, desarrollo de nuevos materiales y en controles de calidad en fabricación

2.3.1 Proceso de Fotoemisión

Un fotón es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, rayos gamma, rayos X, luz visible, luz infrarroja, luz ultravioleta, las microondas y ondas de radio. Siempre se mueve a la velocidad de la luz y su masa es cero. (ILCE, 2019)

Cuando un átomo o molécula sólida absorbe un fotón de rayos X, un electrón puede ser expulsado, como se muestra en la Figura 2. La energía cinética (KE) del electrón depende de la energía del fotón ($h\nu$) y de la energía de enlace (BE) del electrón (es decir, la energía requerida para eliminar el electrón de la superficie). (Aziz & Ismail, 2017)

Al medir la energía cinética de los electrones emitidos, es posible determinar qué elementos están cerca de la superficie de un material, sus estados químicos y la energía de enlace del electrón. La energía de enlace depende de una serie de factores, incluidos los siguientes:

- El elemento del que se emite el electrón.
- El orbital desde el cual se expulsa el electrón.
- El entorno químico del átomo desde el que se emitió el electrón.

XPS es una técnica cuantitativa porque la sección transversal para la emisión de un fotoelectrón no depende del entorno químico del átomo. (Aziz & Ismail, 2017)

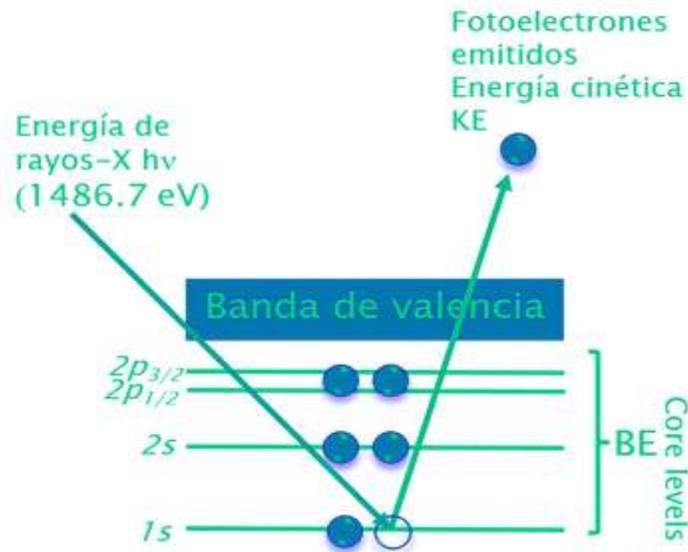


Figura 2. Proceso de fotoemisión en XPS. (LINAM, 2018)

2.3.2 Principio de funcionamiento de XPS

Las muestras se bombardean con un haz de rayos X de energía $h\nu$ (las dos fuentes más utilizadas son las líneas $K\alpha$ de magnesio 1253.6 eV, y aluminio 1486.6 eV) y de ella se desprenden electrones del interior con una energía cinética E_k que supera la energía de enlace E_B y la función de trabajo (ϕ). Estos electrones interiores se llaman fotoelectrones de rayos X. La ecuación de la energía puede expresarse de la manera siguiente:

$$E_k = h\nu - E_B + \phi \quad (1)$$

Donde:

E_k = Energía cinética, eV

E_B = Energía de enlace, eV

(ϕ) = Fuerza de trabajo, eV

$h\nu$ = energía del haz de rayos X, eV

Las energías cinéticas de estos electrones expulsados que se originan en los primeros 30 Å de la superficie de la muestra se miden mediante la XPS (Seymour & Carraher, 2002)

La utilidad de determinar la E_B es porque la energía de una capa electrónica en un átomo particular es característica de cada elemento. Por lo tanto, determinando E_B a través de la medición de la E_k , se identifica qué átomo está involucrado en el proceso. (Brundle, Watts, & Wolstenholme, 2004)

2.4 Aplicaciones de la técnica y campo de estudio

Es la única técnica (junto con la Espectroscopia Auger para luz Síncrotron) comercial que permite determinar los compuestos químicos que se encuentran en la superficie de los materiales (3 nm – 10 nm). Es posible, así obtener información de las primeras capas (del orden de los nanómetros) de la superficie del material, obviando la profundidad de este. A diferencia de otros métodos como el SEM (microscopía electrónica de barrido) y el EDX (espectroscopia de energía dispersiva) que brindan información de toda la profundidad del material, como se muestra en el Cuadro 1.

Con el XPS, se pueden obtener análisis elementales, información sobre los estados de oxidación, grupos funcionales orgánicos, análisis cuantitativos, sea como porcentajes de los elementos o razones de estados de oxidación, distribuciones de materiales a través de la superficie, también determinar si el material está presente como una película delgada en la superficie (grosor de la película, uniformidad en el grosor y composición química de la película). Dentro de los campos de estudio del XPS están: películas delgadas y recubrimientos, polímeros y adhesivos, contaminación y limpieza de superficies, funcionalización de superficies, corrosión, microelectrónica y semiconductores, caracterización de superficies sólidas y catálisis. (Anderson Materials Evaluation Inc, 2015)

Cuadro 1. Resumen de las técnicas de caracterización de materiales más utilizados.

Técnica	Acrónimo en inglés	Información obtenida
Espectroscopía Fotoelectrónica de rayos X	XPS	Identificación cualitativa y cuantitativa de todos los elementos con alta sensibilidad superficial (incluye estados de oxidación) que alcanza profundidades de análisis de aproximadamente 3nm -10 nm. (Patnaik & Dean, 2004)
Microscopía electrónica de barrido	SEM	Técnica de imagen, caracterización de la morfología, determina la estructura y tamaño de nanopartículas. (Wiesner, 2016)
Microscopía electrónica de transmisión	TEM	Proporciona imágenes estructurales con resolución a nivel atómico. Tamaño y distribución de nano partículas. (Wiesner, 2016)
Espectroscopía de energía dispersada	EDX	Determinación de la composición elemental de todo el bulk del material (1000 nm – 2000 nm). (Khandpur, 2013)
Difracción de rayos X	XRD	Determinación de tamaño de partículas y estructuras cristalinas, identificación de fases presentes. (Roque-Malherbe, 2009)

2.5 Auger

El fenómeno de emisión de electrones Auger se reveló por Pierre Auger en 1925, cuando observó la relajación no radiante de iones excitados en una cámara de niebla. L.A.Harris observó la emisión de electrones Auger examinando superficies sólidas en 1968. Desde entonces el método de espectroscopia utilizando la emisión de electrones Auger se ha desarrollado rápidamente y su uso se ha extendido hoy en día. (Unger, 2016)

En la transición de Auger, los electrones incidentes interactúan con los electrones de la capa interior (E_i , de la muestra. El hueco creado por el desprendimiento de un electrón de la capa interior se rellena con un electrón de la capa exterior (E_{o1} , desprendiéndose un segundo electrón de la capa exterior (E_{o2}) dejando el átomo en un estado de ionización doble. Los electrones expulsados de las capas exteriores son los electrones de Auger. Así, la AES es una técnica que mide las energías de

los electrones Auger (E_A emitidos desde los 10 primeros angstroms de la superficie de la muestra. La ecuación de la energía puede expresarse de la siguiente manera:

$$E_A = E_{o1} - E_i + E_{o2} \quad (2)$$

La instrumentación de AES en su forma más sencilla requiere un sistema de vacío, un cañón de electrones para excitar el blanco y un espectrofotómetro electrónico para analizar la energía de los electrones secundarios emitidos. Además, hoy en día la mayoría de los sistemas de AES utilizan un cañón de iones para las medidas de caracterización de profundidad, un manipulador para posicionar la muestra, medios para localizar con precisión el área de análisis y, frecuentemente, un accesorio para llevar a cabo la fractura o corte de las muestras. (Seymour, 2002)

2.6 Espectroscopia en IR:

Identifica las diversas clases de grupos funcionales en un compuesto. Los enlaces vibran con movimientos de estiramiento y de flexión. Las vibraciones de estiramiento de determinado compuesto tienen una frecuencia característica, al igual que las vibraciones de flexión. Se necesita más energía para estirar un enlace que para flexionarlo. Cuando un compuesto se bombardea con radiación de una frecuencia que coincida exactamente con la frecuencia de una de sus vibraciones, la molécula absorbe energía y produce una banda de absorción, que corresponde a esa frecuencia en el espectro infrarrojo. La región de grupo funcional de un espectro infrarrojo (de 4000 a 1400 cm^{-1}) es donde la mayor parte de los grupos funcionales producen bandas de absorción; la región dactiloscópica (de 400 a 600 cm^{-1}) es característica del compuesto en su totalidad.

La posición, intensidad y forma de una banda de absorción ayudan a identificar a los grupos funcionales. La cantidad de energía necesaria para estirar un enlace depende de la fuerza del mismo: Los enlaces más fuertes producen bandas de absorción a mayores números de onda. En consecuencia, la frecuencia de la banda de absorción depende del tipo de enlace, de la hibridación de los átomos, de la donación y atracción de los electrones, así como de la deslocalización electrónica de enlace. La frecuencia tiene una relación inversa con la masa de los átomos, de modo que los átomos de mayor masa vibran a frecuencias menores. La intensidad de una banda de absorción depende del tamaño del cambio de momento dipolar asociado con la vibración y de la cantidad de enlaces que vibran a esa frecuencia (la cantidad de enlaces de este tipo que tiene el compuesto). Para que una vibración absorba radiación IR debe cambiar el momento dipolar del enlace cuando se produce la vibración. (Bruce , 2008)

2.7 Clusters

Un clúster se define como una agrupación de empresas e instituciones pertenecientes a un segmento particular del mercado, relacionadas funcionalmente entre sí y concentradas en un área geográfica determinada, que captan los beneficios de las economías de aglomeración y disfrutan de ellos. (Fernández J. , 2006)

Entre los diversos agentes que habitualmente componen un clúster industrial se distingue entre los que integran la cadena de valor básica del sector considerado y los que prestan apoyo a la cadena de valor. Por lo tanto, se identifican ocho tipos de agentes principales:



Figura 3. Agentes principales de un clúster industrial. (Fernández J. , 2006)

- Proveedores de materias primas: Constituyen el primer eslabón de la cadena de valor. Estos aportan sus productos a los proveedores especializados o bien directamente al núcleo del sector.
- Proveedores especializados: En este segundo eslabón se encuentran los proveedores de bienes elaborados y servicios especializados a los que le núcleo del sector subcontrata partes específicas de su producción.
- Núcleo del sector: Está configurado por las empresas industriales que dan nombre al cluster. Estas empresas son grandes firmas integradoras o ensambladoras de sistemas industriales que venden sus productos a la demanda final.
- Canales de distribución y comercialización: A través de los agentes intermediarios que integran este eslabón, las empresas pertenecientes al núcleo del sector que venden sus bienes y servicios a la demanda final.

- Demanda final: Está constituida por los que adquieren los bienes manufacturados por las empresas del núcleo del sector.
- Organizaciones del conocimiento: Entre los agentes que prestan su apoyo a la cadena de valor se encuentran las instituciones que promueven y difunden la actividad innovadora dentro de un clúster. Este es el caso de universidades, centros de formación profesional, institutos de investigación y desarrollo, agencias para la transferencia de tecnología, centros de control de calidad, entre otros.
- Instituciones de apoyo al sector: En este grupo se incluyen una serie de organizaciones con un marcado carácter institucional y sin ánimo de lucro, que prestan servicios de apoyo a los agentes de la cadena de valor. Éste es el caso de los órganos reguladores, los gobiernos regionales y locales, las empresas públicas de suelo, las oficinas de patentes, asociaciones empresariales y sindicales, los medios de comunicación, entre otros.
- Industrias y servicios relacionados: Incluye todas las industrias y servicios productivos con ánimo de lucro que se benefician directamente de la actividad del cluster. Por ejemplo: empresas constructoras, operadoras de telecomunicaciones, servicios financieros, compañías eléctricas, proveedores de sistemas informáticos, servicios de consultoría, servicios de asesoramiento jurídico, entre otras. (Fernández J. , 2006)

2.8 Clústers médicos en Costa Rica

Los dispositivos médicos están inyectando una dosis de vitaminas a la economía de Costa Rica y se han posicionado como líderes de una nueva era industrial, algo que puede perdurar si el país se mantiene competitivo.

Las exportaciones de dispositivos médicos llegaron a \$1.900 millones en el 2015, con un crecimiento de 19 % con respecto al 2013, de acuerdo con Cinde.

Según la Promotora de Comercio Exterior (Procomer), justamente en 2014 el equipo de precisión y médico asumió el liderato del valor total de las exportaciones por encima de los componentes electrónicos para microprocesadores (que representaron \$ 1.686 millones) y de la piña (\$ 877,7 millones). (Fernández E. , 2015)

En este momento, en el país están operando un total de 63 empresas de dispositivos médicos, que distribuyen sus trabajos en 15 divisiones distintas, 55 provienen de Estados Unidos.

Aunque el país tiene ventajas que permite la llegada de más empresas de este tipo, hay retos que pueden frenar el avance como la infraestructura, tramitología y el costo de la energía.

2.9 Dispositivos médicos

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los dispositivos médicos, son artículos, instrumentos, aparatos o máquinas utilizados en la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de una enfermedad o condición, o para detectar, medir, restaurar, corregir o modificar la estructura o función del cuerpo con fines de salud. Típicamente, el propósito de un dispositivo médico no se logra por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos. (OMS, 2018)

2.9.1 Clasificación de los Dispositivos Médicos

La clasificación de los Dispositivos Médicos realizada por el fabricante, se fundamenta en los riesgos potenciales relacionados con el uso y el posible fracaso de los dispositivos con base en la combinación de varios criterios tales como, duración del contacto con el cuerpo, grado de invasión y efecto local contra el sistema sistémico. (INVIMA, 2013)

La Clasificación es la siguiente:

Clase I. Son aquellos dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión.

Clase IIA. Son los dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

Clase IIB. Son los dispositivos médicos de riesgo alto, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

Clase III. Son los dispositivos médicos de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión. (INVIMA, 2013)

3 Recursos, limitaciones y necesidades de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuanto a técnicas de caracterización superficial

La información requerida para determinar las necesidades y limitaciones que posee la industria médica en Costa Rica en cuanto a técnicas de superficie, así como identificar la demanda de éstos, se obtuvo a partir de encuestas realizadas a empresas del clúster médico y mediante el estudio del Informe Estado de la Ciencia, Tecnología y la Innovación (HIPATIA).

Al iniciar la investigación, se tuvo un primer contacto con PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior en Costa Rica), la cual colaboró con la realización de encuestas a empresas de dispositivos médicos, de las cuáles se obtuvieron 8 respuestas.

Posteriormente, a través de visitas personales y por medio de correo electrónico, se realizaron las entrevistas a varias empresas de dispositivos médicas ubicadas en las zonas Francas del Coyol y Heredia en Costa Rica.

Se obtuvieron 22 encuestas efectivas del 3 de marzo del 2017 al 2 de marzo del año 2018, tomando como población, Ingenieros de Calidad o Materiales de empresas que producen dispositivos Clase II y Clase III, Investigadores involucrados en caracterización de materiales de las universidades estatales, y a modo exploratorio se entrevistó una empresa del sector aeroespacial y una del área de los semiconductores. Las preguntas formuladas pueden verse en el Anexo 1 mientras que las respuestas se muestran a lo largo de este capítulo.

3.1 Recursos de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuanto a técnicas de caracterización superficial

3.1.1 Profesionales nacionales dentro del país

Para sustentar el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación, Costa Rica debe contar con recursos humanos en estas áreas. Sin embargo, estudios recientes advierten que una de las principales barreras para concretar la apuesta que ha hecho el país por un modelo de desarrollo basado en la innovación, es la carencia de recurso humano calificado en áreas de ciencias experimentales y de una manera más acentuada en ingenierías y tecnologías. (Micitt, 2011)

Cuadro 2. Resumen del Perfil del recurso humano en las áreas de ciencia y tecnología 2013, distribución porcentual. (*HIPATIA, 2014*)

	Ciencias Exactas y Naturales	Ingeniería y Tecnología
Personas	580	345
Sexo		
Hombres	61.7	64.1
Mujeres	38.3	35.9
Grado académico		
Bachillerato	10.4	24.9
Licenciatura	19.3	45.5
Maestría	30.0	16.5
Doctorado	24.8	7.2
Distribución etaria		
18 a 25 años	0.5	1.8
26 a 35 años	16.9	27.3
36 a 45 años	16.6	21.7
45 a 55 años	29.7	27.8
Más de 56 años	24.1	19.1
Lugar de Trabajo		
Educación superior	91.2	60.3
Sector privado	5.3	21.7
Sector público	1.9	14.5

En el Cuadro 2, se puede observar el Perfil del recurso humano en las áreas de interés de este documento, para explicar la situación actual de Costa Rica respecto a este tópico. En cuanto, al sexo de los profesionales en Ciencias Exactas como en Ingeniería y Tecnología se puede observar una gran brecha donde siguen predominando los hombres en la obtención de títulos académicos en estas áreas. Pero también se observa que el grupo con el perfil más joven corresponde a los ingenieros y tecnólogos donde la mitad de ellos tienen menos de 46 años, este hecho obedece fundamentalmente al aumento de la participación de la mujer. Tal hallazgo hace pensar que en algunos años la brecha entre géneros en esta área disminuirá.

Únicamente el 3.1 % de los profesionales en Ciencia y Tecnología tienen el doctorado en universidades catalogadas entre las cien primeras del mundo según QS World University Rankings del 2013. Las personas que forman parte de este grupo se consideran los mejores perfiles académicos del país, donde según en el documento del Estado de la Ciencia, La Tecnología y la Innovación de HIPATIA, el porcentaje más escaso lo posee el Área de Ingeniería y Tecnología con un 0.6%, lo que corresponden en el 2013 únicamente a 2 doctorados registrados. (HIPATIA, 2014)

Cuadro 3. Resumen del Recurso humano en Ciencia y Tecnología, por grupos de edades, según áreas y subáreas del conocimiento 2013 (HIPATIA, 2014)

Área y subárea	Personas	Distribución porcentual por grupos de edades					Sin información	Total
		20 a 25 años	26 a 35 años	36 a 45 años	46 a 55 años	Más de 55 años		
Ciencias exactas y Naturales	580	0.5	16.9	16.6	29.7	24.1	12.2	100.0
Ciencias Biológicas	238	0.4	17.6	17.6	37.4	24.4	2.5	100.0
Química	89	2.2	19.1	19.1	29.2	28.1	2.2	100.0
Matemáticas e Informática	76	0.0	15.8	27.6	30.0	26.3	0.0	100.0
Ciencias de la Tierra y el Espacio	50	0.0	10.0	14.0	38.0	38.0	0.0	100.0
Ciencias Físicas	37	0.0	16.2	16.2	32.4	35.1	0.0	100.0
Sin información	90	0.0	17.8	3.3	3.3	5.6	70.0	100.0
Ingeniería y Tecnología	345	1.7	27.2	21.7	27.8	19.1	2.3	100.0
Ingeniería Agronómica	100	1.0	17.0	16.0	40.0	23.0	3.0	100.0
Tecnología de Alimentos	39	0.0	17.9	28.2	30.8	23.1	0.0	100.0
Ingeniería Química	25	4.0	16.0	20.0	28.0	28.0	4.0	100.0
Biotecnología	25	8.0	80.0	4.0	4.0	0.0	4.0	100.0
Ingeniería Industrial	21	4.8	28.6	38.1	23.8	4.8	0.0	100.0
Otras	19	0.0	21.1	15.8	31.6	26.3	5.3	100.0
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	18	0.0	33.3	16.7	33.3	16.7	0.0	100.0
Ingeniería en Computación	16	0.0	37.5	31.3	12.5	12.5	6.3	100.0
Arquitectura	15	0.0	33.3	13.3	20.0	33.3	0.0	100.0
Ingeniería Forestal	15	0.0	20.0	40.0	33.3	6.7	0.0	100.0
Ingeniería Civil	12	0.0	16.7	50.0	16.7	16.7	0.0	100.0
Ingeniería Mecánica	8	0.0	62.5	12.5	12.5	12.5	0.0	100.0
Ingeniería Ambiental	4	25.0	0.0	0.0	25.0	50.0	0.0	100.0
Ingeniería Electromecánica	3	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	100.0
Ingeniería de los Materiales	3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
Bioinformática	1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Sin información	21	0.0	28.6	33.3	9.5	23.8	4.8	100.0

En el Cuadro 3, se puede observar para el Área de Ciencias naturales y exactas como solo un 22% corresponde a las carreras de Química y Ciencias Físicas, las cuáles son las que podrían contribuir a solventar las necesidades de la industria médica en Costa Rica. Por otro lado, en el campo de la Ingeniería y Tecnología, solo el 30% corresponden a Ingenierías afines que también están relacionadas con la Industria médica (Ingeniería Química, Biotecnología, Ingeniería Industrial,

Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ingeniería Mecánica y Electromecánica, así como Ingeniería en Materiales). Los porcentajes para ambas áreas son muy bajos lo que demuestra que Costa Rica necesita desarrollar más recurso humano en estas áreas para poder solventar la demanda de la inversión extranjera directa de empresas de dispositivos médicos.

3.1.2 Vinculación con instituciones de I + D:

Utilizar tecnologías de mayor valor agregado en conocimiento y la capacidad de innovar no depende solo de la cantidad y el grado de calificación de los profesionales en ciencia y tecnología, sino también de la vinculación con otros colegas, instituciones y unidades de I+D.

Según una consulta realizada por el Programa del Estado de la Nación, a través de internet, se les preguntó a los profesionales sobre su vinculación con unidades de investigación de otras instituciones y el tipo de actividades implicadas. Dentro de las actividades de vinculación en la que participa el mayor porcentaje un 75 % son de carácter académico (Proyectos de investigación y publicaciones en coautoría) y solo un 10 % se asocia con la transferencia de conocimiento mediante actividades de asesoría, contratos de I+D y venta de servicios. (HIPATIA, 2014) Por lo tanto, se logra concluir que en Costa Rica se debe promover una mayor transferencia de conocimiento mediante asesorías a las empresas públicas y privadas, así como ventas de servicios y que no sólo se quede a nivel académico.

3.1.3 Profesionales nacionales fuera del País como potencial

La diáspora científica costarricense tiene una formación diversa. Entre sus miembros se contabilizan actividades en más de veinte campos de la ciencia y tecnología. Hay una altísima concentración en Ciencias Naturales y Exactas (45,2 %) y a este porcentaje le sigue el área de Ingeniería y Tecnología (38,8 %). (González, 2013)

Un 37 % de los profesionales residentes en el extranjero tiene maestría, un 21% tiene doctorado y un 16 % es bachiller. La mayoría de los costarricenses que se encuentran trabajando o estudiando en el extranjero, están dispersos en treinta países, pero existe una preferencia muy marcada en países que son punta de lanza del desarrollo científico por ejemplo Estados Unidos un 45 %, Alemania un 10 % y España un 6 %. Este patrón se mantiene independiente del área de especialidad con la excepción de leve predominio de representación de Ingenieros en Alemania. (HIPATIA, 2014)

El 62,1 % tiene entre 20 y 35 años sin variaciones según el área científico- tecnológica. Se trata de una comunidad joven La diáspora científica ha alcanzado una notable excelencia académica, que la convierte en un activo de gran valor, 1 de cada 5 de la diáspora obtuvo su doctorado en una de las cien mejores universidades del mundo. En Costa Rica solo una de cada 37 personas cuenta con ese atributo. (HIPATIA, 2014)

Al ver todas estas ventajas de la diáspora científica costarricense, existen oportunidades de atraer y vincular al talento que se encuentra fuera del país, en campos en los que han identificado carencias a nivel nacional, como ingenierías y tecnologías. Estas oportunidades se presentan tanto por el hecho de que la diáspora cuente con profesionales en estas áreas, como por que su alto perfil académico complementa la acentuada escasez local de profesionales con una alta calificación.

Como resulta notorio, y a diferencia de otras naciones, en Costa Rica la diáspora científica no es un asunto de números, sino de calidad, pues reúne a un grupo de profesionales jóvenes con una formidable preparación académica. Este hecho confirma los grandes beneficios que obtendría el país de una mayor interacción de este grupo con las comunidades locales de investigación y los sectores productivos de base tecnológica. (HIPATIA, 2014)

3.1.4 Infraestructura

En las unidades de investigación y desarrollo (I+D) la infraestructura es fundamental para la innovación. El tipo y estado del equipamiento, así como las prácticas de colaboración entre esos centros y los sectores productivos, proporcionan los medios para que el personal involucrado en actividades de I+D pueda desarrollar nuevos conocimientos y aplicaciones que, eventualmente, serán transferidos y usados en los procesos productivos.

Sobre los centros de investigación (CI), PROCOMER los resalta como un actor importante dentro de las industrias de alta tecnología. Y resalta que los CI que son partes de las universidades públicas de Costa Rica; no solo cumplen con un objetivo educativo, sino que también proporcionan servicios importantes a las empresas del sector privado y actúan como apoyo para el desarrollo de nuevos productos. (PROCOMER et al., 2014)

El 80% de la investigación de las ciencias de la vida es realizado por universidades públicas, ya que las unidades de I+D están concentradas en el sector académico de estas instituciones. (PROCOMER et al., 2014)

3.1.4.1 Capacidades Nacionales en la caracterización de Materiales

Las universidades estatales en Costa Rica tienen centros de investigación (CI) que se dedican al análisis y caracterización de materiales en diversas áreas y sectores como lo son:

- CICIMA (El Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales) de la Universidad de Costa Rica;
- LANOTEC (Laboratorio Nacional de Nanotecnología) del Centro Nacional de Alta Tecnología;
- CIEMTEC (El Centro de Investigación y Extensión en Materiales) del Tecnológico de Costa Rica;
- LAMI (El Laboratorio de Materiales Industriales) de la Universidad Nacional de Costa Rica.
- CICANUM (Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares)
- CIEMIC (Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas) de la Universidad de Costa Rica.

Los centros de investigación cuentan con diferentes equipos y técnicas especializadas (técnicas no acreditadas con el ECA o no trazables a materiales de referencia certificados). De todas las técnicas que realizan ninguna es de caracterización química superficial.

Ofertas técnicas de caracterización por parte de los centros de investigación:

- Microscopía electrónica de barrido (SEM)
- Microscopía electrónica de transmisión (TEM)
- Espectroscopía de rayos X dispersados (EDX)
- Difractometría de rayos X (XRD)
- Espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier con aditamento para reflexión total interna (FTIR- ATR)
- Espectroscopia RAMAN, UV, luz visible.
- Microscopía de Fuerza atómica AFM.

Dentro de las preguntas de las encuestas mencionadas anteriormente, que se realizaron para esta investigación, consistía en saber cuáles pruebas de caracterización superficial realizan en sus instalaciones y el monto a pagar en estas.

La mayoría de las empresas respondieron que dentro de las más comunes se encuentran: Espectroscopía de energía dispersada (EDX), Microscopía electrónica de barrido (SEM), Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Termogravimetría (TGA), Ángulo de contacto, Microscopía electrónica de transmisión (TEM). Dentro de las menos comunes mencionaron: Focused ion beam (FIB), microscopio de fuerza atómica (AFM) y Espectroscopía Fotoelectrónica de rayos X (XPS).

Debido a la confidencialidad de las empresas, la pregunta acerca del monto a pagar por pruebas de caracterización superficial fue contestada por muy pocas, de las cuáles se obtuvieron los datos de que aproximadamente algunas empresas incurren en el gasto de 3 mil a 15 mil dólares por pruebas de caracterización superficial en el extranjero, las cuales dependen de la cantidad de muestras y del lugar al que se envíen. Otras contestaron que el monto a pagar por unidad podía variar de los \$250 a los \$500 dólares.

Podemos observar que dentro de las pruebas más comunes que realizan destacaron pruebas que no son de química de superficie, y que la mayoría podrían ser realizadas por los laboratorios existentes en Costa Rica mencionados anteriormente. Ninguna empresa mencionó la espectroscopia electrónica Auger. Todo esto denota el desconocimiento de la gran mayoría sobre la técnica, su significado y campo de aplicación de éstas.

Costa Rica también cuenta con entes privados que pueden relacionarse con las pruebas de caracterización superficial como lo son:

LACOMET (Laboratorio Costarricense de Metrología), que tiene como objetivo garantizar la trazabilidad de las mediciones que se ejecutan en el país hasta la realización de ellas acorde con los establecido por el Sistema Internacional de Unidades (SI), difundir y fundamentar la metrología nacional, custodiar los patrones nacionales y fungir como laboratorio nacional de referencia en metrología. (LACOMET, 2018)

SCM Metrología y Laboratorios S.A, brinda soluciones en las áreas de metrología, aseguramiento metrológico ensayos e inspecciones, a través de servicios de calibración de instrumentos de medición, venta de equipos de medición, asesoría y capacitación en metrología y sistemas de calidad. (SCM, 2018)

A pesar de esta gran cantidad de técnicas en caracterización de materiales que hay en el país, éste no cuenta con ninguna técnica de caracterización superficial acreditada y complementaria a las ya existentes en Costa Rica. (CIEMIC, 2017), (CICIMA, 2017), (LANOTEC, 2017), (CIEMTEC, 2017), (CICANUM, 2017), (LAMI, 2017).

3.1.5 Fuentes de Financiamiento

En Costa Rica hay distintas oportunidades para acceder a financiamientos según el tipo de emprendimiento. Para acceder a estos financiamientos se deben cumplir requisitos, por lo tanto, es importante antes de iniciar un emprendimiento conocer a que nos podemos enfrentar.

Para escoger el posible ente financiero que mejor se adaptara a las necesidades de este proyecto y realizar la prefactibilidad financiera se estudiaron varias casas financieras:

BANCO DE COSTA RICA: Ofrece opciones de financiamiento para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, ya sea para capital de trabajo, compra de maquinaria, compra de equipo, compra de local y otros. Para los sectores de servicios, agrícola, turismo, entre otros. (BCR, 2018)

Montos para Financiar: Mínimo para micro y pequeñas empresas \$1.000, medianas empresas \$ 5.000 con un máximo de \$ 1.000.000. El plazo se define según el plan de inversión y garantías como Hipoteca, prenda, fianza y títulos de valores. (BCR, 2018)

FODEMIPYME: Este fondo fue creado por la Ley 8262 administrado por el Banco Popular y de Desarrollo Comunal (BPCD), para fomentar y fortalecer el desarrollo y la competitividad de las micro pequeñas y medianas empresas de la economía social, mediante el otorgamiento eficiente de avales, financiamiento de intangibles y Servicios de Desarrollo Empresarial. (PYMES, 2018)

BANCO NACIONAL: Ofrece opciones de financiamiento en las Micro, pequeñas y medianas empresas para Capital de Trabajo, inversión maquinaria e infraestructura, crédito especial para inventarios y crédito agropecuario. Este tiene 8 programas para del Sistema de la Banca para el desarrollo, pero con un monto máximo de 65 millones de colones. (BN, 2018)

SISTEMA BANCA PARA EL DESARROLLO: El SBD es un mecanismo orientado a financiar e impulsar proyectos viables y factibles de las micro pequeñas y medianas empresas. Estas empresas deben ser viables desde el punto de vista económico, técnico y financiero. Deben ser iniciativas con potencial verdadero.

De sus fondos propios, el sistema tiene un monto de dinero apartado para fiar a ciertos empresarios que no tienen garantías. Esos fondos se canalizan a través de diferentes entidades autorizadas. Si la persona no paga la deuda a los bancos o entidades que le den el crédito, el sistema le cancela a la entidad hasta el 75%, es decir, responde por el deudor. Pero, la idea no es llegar a eso, sino que la persona honre la deuda como se debe. De lo contrario, el SBD accionará los mecanismos correspondientes para que el deudor le pague. (Financiero, 2015)

Este sistema cuenta con 3 fuentes de recursos:

1- El Fideicomiso Nacional para el Desarrollo (FINADE), cuyos fondos provienen de presupuestos públicos y otros fideicomisos.

2- El Fondo de Crédito para el Desarrollo (FCD) que se compone del dinero proveniente del 17% de las captaciones a la vista que realizan los bancos privados.

3- El Fondo de Financiamiento para el Desarrollo (FOFIDE), compuesto por el 5% de las utilidades netas anuales de los bancos estatales y que son administrados por cada Banco.

EL Límite de crédito para cada empresa o persona es de: El monto máximo de crédito o acumulado en cualquiera de los tres fondos es de ¢350 millones por beneficiario y el monto máximo a avalar es hasta ¢65 millones (FINADE). (BCR, 2018)

PROPYME: Programa de Apoyo a la pequeña y mediana Empresa (PROPYME) creado mediante la Ley 8262, es una transferencia presupuestaria que realiza el Gobierno de la República al presupuesto del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT); con el objetivo de financiar las acciones y actividades dirigidas a promover y mejorar la capacidad de gestión y competitividad de las PYMES costarricenses, mediante el desarrollo tecnológico para contribuir al desarrollo económico y social del país.

Los beneficiarios de este fondo son todas las micro, pequeñas y medianas empresas que desarrollen Proyectos de desarrollo tecnológico, Proyectos de patentes de invención, Proyectos de transferencia tecnológica, Proyectos de desarrollo de potencial humano y Proyectos de servicios tecnológicos.

Los beneficios de este fondo consisten en un apoyo financiero, un monto máximo de hasta un 80% del costo total de un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico. (PYMES, 2018)

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID): El Banco tiene como objetivos, mejorar la calidad, eficiencia y sustentabilidad de la infraestructura productiva, fortalecer la competitividad de las PYMES y fortalecer la estrategia de acumulación de capital humano. (BID, 2018)

Los productos financieros del BID incluyen: préstamos, donaciones, garantías e inversiones. El Banco también financia programas nacionales y regionales de cooperación técnica en áreas que van desde el fortalecimiento institucional hasta la transferencia de conocimientos.

Dentro de los beneficios del BID se encuentran préstamos de inversión a los países prestatarios del BID, préstamos de apoyo a reformas de política y préstamos de financiamiento especial para el desarrollo. Bajas tasas de interés fijas con la facilidad de financiamiento flexibilidad. (BID, 2018)

Para realizar el estudio financiero, se eligió el Banco Interamericano para el Desarrollo como fuente de financiamiento. Para el período 2015-2018 el Banco tiene como objetivo contribuir a las acciones del Gobierno orientadas a lograr un crecimiento más elevado, inclusivo y sostenible, y acelerar el ritmo de reducción de la pobreza. Es por esto, que el Banco apoyará al país a cumplir con los objetivos trazados en su Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 y los planteados en la Estrategia Institucional del BID (Parot, 2015).

La creación de un Laboratorio de Espectroscopia XPS para dar soporte a las empresas de dispositivos médicos cumple con los objetivos del BID para ser financiado por este. Dado que, en este tipo de emprendimientos pueden integrarse como proveedores de bienes y servicios mediante la innovación e incorporación de nuevas tecnologías en las cadenas de valor más dinámicas de la economía.

Otro aspecto, a considerar, para la elección de esta opción financiera está relacionado con el contenido técnico del proyecto que se desea desarrollar y la experiencia del BID con proyectos similares a este. Esto último es favorable dado que ya existe algún tipo de conocimiento en temas relacionados a los de este proyecto, permitiendo contar con apoyo desde diferentes áreas y una guía más orientada en el momento de tener que realizar la solicitud del préstamo y elegir la opción más conveniente.

3.2 Limitaciones de Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en cuanto a técnicas de caracterización superficial

3.2.1 Infraestructura

Para hablar de la carencia en infraestructura en Costa Rica debemos tener claro algunos conceptos:

Las Unidades de I+D, son unidades que cuentan con infraestructura y equipamiento para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo experimental.

El Equipamiento de corte mediano y mayor, son los equipos considerados como de mediana o alta complejidad y de punta, que son indispensables para recabar la información que será sometida a análisis, según los objetivos que se busquen. (HIPATIA, 2014)

Obsolescencia es una condición que, según el criterio de la persona consultada, muestra el equipo que, si bien funciona de acuerdo con las especificaciones del fabricante y permite obtener datos confiables, no se encuentra tecnológicamente actualizado según la frontera del conocimiento y puede dar señales de poca automatización, procesamiento lento o ineficiente, o software desactualizado. (HIPATIA, 2014)

En Costa Rica, las unidades de I+D del país están concentradas en el sector académico, principalmente en las universidades públicas. Alrededor del 55 % pertenecen a estas. A ellas pertenecen 72 de los 130 centros consultados por HIPATIA. (HIPATIA, 2014) No todos los 130 centros con capacidad para realizar I+D en Costa Rica lo hacen en la práctica. En el Cuadro 4, se puede observar como cerca del 27 % se dedica en forma exclusiva a vender servicios como ensayos, normalización, control de calidad, asesoría y consultoría, entre otros. Asimismo, alrededor del 20 % tiene como únicas labores la enseñanza y la formación en ciencia y tecnología.

Cuadro 4. Resumen de las Unidades de I + D consultadas, según las actividades científicas y tecnológicas que realizan 2013. (HIPATIA, 2014)

Actividad	Total	Distribución porcentual
I +D	95	73.1
Investigación aplicada	59	45.4
Desarrollo Tecnológico	21	16.2
Investigación básica	15	11.5
Servicios en ciencia y tecnología	22	16.9
Ensayos, normalización, control de calidad	8	6.2
Asesoría y consultoría	5	3.8
Sistemas de información	4	3.1
Difusión de conocimientos	3	2.3
Actividades de ciencia y tecnología en museos, bibliotecas y ONG	1	0.8
Inventario e informes	1	0.8
Enseñanza y formación en ciencia y tecnología	13	10.0
Enseñanza científica y tecnológica superior	7	5.4
Formación con obtención de título universitario	6	4.6
TOTAL	130	100.0

Con respecto al parque instrumental de corte mediano y mayor con que cuentan las unidades de Investigación y Desarrollo funciona según las especificaciones de los fabricantes y genera mediciones confiables. Sin embargo, el 44 % perteneciente a la academia y el gobierno se encuentra desactualizado. Cuando se considera la idoneidad del equipamiento de corte mediano y mayor, es importante tener en cuenta que un equipo puede ser confiable, estar actualizado y, sin embargo, no ser el adecuado para los fines de un centro de I+D. Desde este punto de vista, la situación actual es preocupante, ya que hay muchos laboratorios en Costa Rica donde hace falta equipo de punta para renovarse

También en el estudio realizado para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, comenta que el 59 % de las instituciones de I+D no dispone del equipamiento idóneo

para cumplir con sus objetivos, como lo son ampliar los nexos con el sector productivo. (HIPATIA, 2014)

Adicionalmente, en las encuestas realizadas, los Ingenieros involucrados mencionaron que en reiteradas ocasiones para resolver problemas de caracterización de materiales deben incurrir en el gasto para enviar muestras a laboratorios en el extranjero o a sus respectivas casas matrices. Esto porque en Costa Rica no es posible suplir esa necesidad; sea por problemas de disponibilidad, logística o certificaciones.

En el caso de los investigadores de las universidades, éstos indican que debido a los recursos limitados en estos centros (equipos), deben limitar las investigaciones a los equipos con que se cuenta a nivel local, lo que muchas veces entorpece el alcance y nivel de complejidad de las investigaciones en Costa Rica.

Por lo tanto, se puede concluir que en Costa Rica es necesario aumentar la inversión ya sea para adquirir instrumentos nuevos no preexistentes, o para renovar los existentes. Así como, la inversión en capacitación de personal para que pueda dar el adecuado uso de estos equipos y sacar al máximo su provecho.

3.2.2 Personal

La fuga de cerebros o “transferencia inversa de tecnología”, corresponde a los profesionales que han desarrollado una carrera universitaria en ciencia y tecnología en su país y emigran a otros sitios para continuar con su educación, desarrollar investigaciones o encontrar mejores oportunidades de trabajo. Este se considerada como un hecho negativo para el país de origen. (UNAM, 2018)

La diáspora científica en Costa Rica (comunidad conformada por migrantes nacionales con formación universitaria, que realizan estudios de posgrado o trabajan en el extranjero en las áreas de ciencias experimentales, ingenierías y tecnologías) (HIPATIA, 2014), tiene una formación diversa, se contabilizan actividades en más de veinte campos de la ciencia y tecnología.

Según el estudio realizado para el Programa del Estado de la Nación 2013, un 37 % de los profesionales residentes en el extranjero tiene maestría, un 21 % tiene doctorado y el 16 % es bachiller. Donde 1 de cada 5 de la diáspora obtuvo su doctorado en una de las cien mejores universidades del mundo. Debido a esto se puede ver la gran fuga de cerebros que hay en Costa Rica en áreas donde se han identificado carencias a nivel nacional, como ingenierías, tecnologías. (HIPATIA, 2014)

La mayoría de estos costarricenses estudia o trabaja en países que son punta de lanza del desarrollo científico y tecnológico. Estados Unidos (45 %) y Alemania (10 %). El 62, 1 % del talento en el extranjero tiene entre 20 y 35 años, en contraste con un 15 % de los residentes en Costa Rica. La diáspora científica muestra una escasa vinculación con sus colegas en Costa Rica como producto de sus actividades de estudio o trabajo. Solamente el 21% ha participado en alguna iniciativa. (HIPATIA, 2014)

La migración de personal calificado hacia Estados Unidos, principal destino de la diáspora científica, no necesariamente se ha traducido en un intercambio importante con Costa Rica, pese a la cercanía geográfica.

Costa Rica no puede permitirse dada la escasez de profesionales calificados en áreas de ciencia y tecnología la fuga de cerebros, ya que está perdiendo la oportunidad de que este valioso recurso humano ayude a impulsar su desarrollo. Es indispensable que Costa Rica convierta el actual panorama de fuga de cerebros en uno más favorable: de movilidad. Para ello requiere atender dos frentes en forma paralela. El primero supone la implementación de programas permanentes para subsidiar el retorno de la diáspora científica. El segundo frente se dirige a quienes ya no pueden o no quieren regresar, el reto consiste en enlazar sus conocimientos y contactos con los distintos actores del sector de ciencia, tecnología e innovación del país. (HIPATIA, 2014)

La atracción de la diáspora científica puede incluir aspectos institucionales, de infraestructura y equipamiento, así como estímulos para el desarrollo profesional y la interconexión a nivel global. También se puede acudir a incentivos financieros, La Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico los ha limitado o eliminado por disposiciones de carácter fiscal.

3.2.3 Acceso al financiamiento

Costa Rica, es una nación pequeña con un alto desarrollo humano y estrechamente vinculada a los mercados mundiales, necesita estimular los emprendimientos innovadores con el fin de incrementar la productividad de su economía y mejorar la calidad de vida de su población.

El principal obstáculo que enfrentan los emprendimientos de base tecnológica es la falta de acceso a financiamiento.

Los esfuerzos del Gobierno para atender las necesidades en este campo están desarticulados y existen carencias para responder a las demandas específicas de los proyectos de innovación.

En Costa Rica hay distintas fuentes de Financiamiento como las mencionadas en el Capítulo anterior, pero en la mayoría el dinero que financian no es suficiente para emprendimientos de base tecnológica, los cuáles son necesarios para aumentar la productividad y el desarrollo humano en el largo plazo.

3.3 Determinar las necesidades que posee la industria médica en Costa Rica en cuánto a técnicas de superficie.

En el 2014, CINDE dio inicio al proyecto análisis de brechas “gap análisis” entre la currícula actual de universidades locales tanto públicas como privadas y las necesidades de las empresas. La dinámica del proyecto consistió en elaborar en conjunto con las empresas de Inversión Extranjera Directa atraídas al país, un mapeo de las necesidades actuales y su prospección para el mediano/largo plazo, con el objetivo final de motivar alianzas academia-industria con el fin de fortalecer los programas académicos con miras a satisfacer dicha demanda. (Cinde, 2014)

En el área de manufactura avanzada y ciencias de la vida resaltan carencias en servicios de laboratorio que se requieren actualmente como lo son: laboratorios de calibración de patrones y equipos, laboratorios de análisis de materiales, composiciones químicas y características mecánicas, laboratorio de análisis químicos, laboratorios de mediciones ambientales y análisis de agua y laboratorios microbiológicos. Todos estos requieren acreditaciones (ISO 17025) del Ente Costarricense de Acreditación (ECA) trazables a patrones del National Institute of Standards and Technology NIST. (Cinde, 2014)

Para analizar las necesidades que tiene la industria médica en Costa Rica en cuánto a técnicas de caracterización superficial, en las encuestas realizadas, se abordaron temas como el conocimiento y uso de pruebas de caracterización superficial en Costa Rica, la frecuencia de uso de estas técnicas, así como el interés de las empresas de utilizar la técnica “Espectroscopia Foelectrónica de rayos X (XPS)” como tema central de estudio de este proyecto.

Inicialmente se le consultó a los encuestados si realizan en Costa Rica o en el extranjero pruebas de caracterización superficial, como se puede observar en la Figura 4, el 50 % dijo que sí y el otro 50 % dijo que no. Lo que indica que de 22 encuestas realizadas solo 11 realizan pruebas para resolver problemas o toma de decisiones en su campo de estudio. Esto se puede ver como consecuencia de que una gran cantidad de empresas de Inversión

Extranjera en Costa Rica todavía se dedica solo a manufactura, donde no les interesa resolver problemas de este tipo ya que cuando surgen solo realizan consultas en sus respectivas casas matrices, sin realizar investigaciones mayores en Costa Rica.

Porcentaje de uso de técnicas de caracterización superficial de materiales en la industria de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.

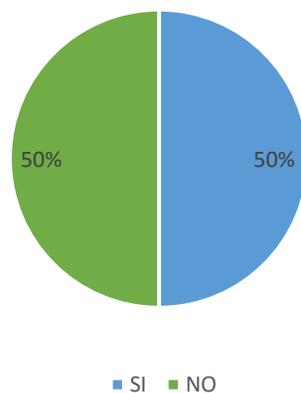


Figura 4. Porcentaje de uso de técnicas de caracterización superficial de materiales en la industria de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.

Respecto a la frecuencia de uso de estas técnicas, respondieron que depende del día a día, los proyectos en que se encuentren trabajando. Como se muestra en la Figura 5, pueden ser diarios (9%), semanales (9%), mensuales (23%), hasta anuales (14%). Por lo tanto, para las empresas que utilizan estas técnicas, un gran porcentaje las necesita mensualmente, esto indica que la frecuencia de uso es relativamente alta.

Frecuencia de uso de técnicas de caracterización superficial en las empresas de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.

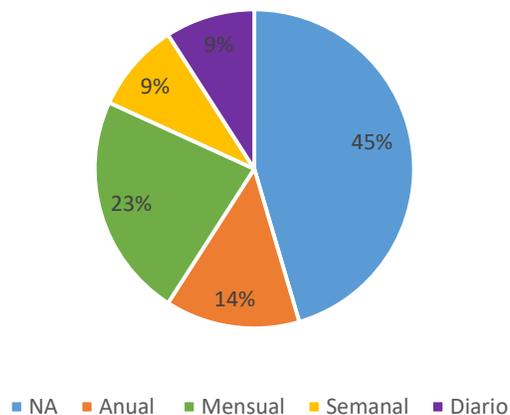


Ilustración 5. Frecuencia de uso de las técnicas de caracterización Superficial en Costa Rica, en la industria de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores.

Cuando se les consultó acerca de técnicas de caracterización superficial, la mayoría respondieron técnicas como EDX, SEM, FTIR, TGA, Ángulo de contacto, TEM, FIB, AFM y Espectroscopía Fotoelectrónica de rayos X (XPS). En la Figura 6, se puede observar que un 55 % de la población encuestada no conoce nada de técnicas de caracterización superficial y el otro 45 % que dice conocerlas denotan el gran desconocimiento en cuánto a que son técnicas de caracterización superficial (3 nm – 10 nm), ya que de todas las mencionadas anteriormente la única realmente superficial es XPS y de ahí que su uso no sea tan frecuente como debería serlo debido a sus ventajas y alcances.

Conocimiento de las empresas de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores acerca de la Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X (XPS)

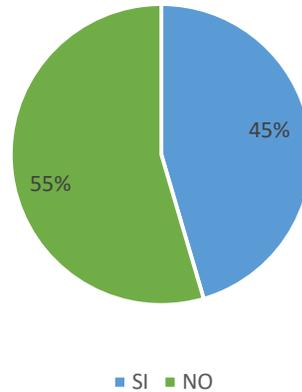


Figura 6. Conocimiento de las empresas de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores acerca de la Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X (XPS).

Para analizar la Situación actual de la demanda en caracterización superficial en Costa Rica, se les dio una pequeña explicación a los encuestados sobre el alcance de la técnica. Después de conocer sus ventajas y modo de funcionamiento las empresas identificaron la aplicabilidad de utilizar XPS en sus procesos y una alternativa complementaria de cómo resolver problemas que, muchas veces no saben cómo erradicarlos adecuadamente. Como consecuencia, generaron una lista de problemas a los que se enfrentan con frecuencia:

- Determinar residuos en la superficie de dispositivos después de aplicar materiales de limpieza.
- Analizar contaminantes superficiales que no son capturados por el EDX.
- Descartar si manchas en materiales son subproductos o no del proceso.
- Análisis causa raíz sobre el desprendimiento entre dos superficies.
- Análisis de pasivación de metales.
- Análisis y desarrollo de recubrimientos.
- Problemas en soldaduras.
- Desarrollo de materiales de alta conductividad, semiconductores.

En el caso de las entrevistas realizadas a los investigadores, estos indican que el uso de XPS ayudaría a complementar los estudios que realizan en materiales y con esto incrementar la validez de las investigaciones, así como proyectar a Costa Rica en la punta de la investigación.

Después de identificar y conocer gran cantidad de casos en los que es de utilidad la técnica, el 82 % de las empresas e investigadores respondieron que estarían interesados en utilizarla, como se muestra en la Figura 7. Sin embargo, consideran que se deben dar más charlas o entrenamientos acerca del funcionamiento de la técnica para crear el conocimiento en el recurso humano de las empresas.

También se hace énfasis en que en la industria de dispositivos médicos al ser una de las más reguladas del mundo, debe solicitar que los laboratorios de venta de servicios cuenten con equipos trazables a patrones internacionales y en la mayoría de los casos también deben contar con las certificaciones correspondientes al ciclo de la vida de los dispositivos médicos.

Interés de las empresas de dispositivos médicos, centros de investigación, industria aeroespacial y de los semiconductores en utilizar Espectroscopia de rayos X (XPS)

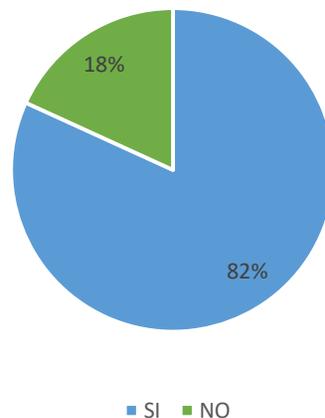


Figura 7. Interés de las empresas de dispositivos médicos en utilizar Espectroscopía Foelectrónica de rayos X (XPS).

Para finalizar las entrevistas se les consultó adicionalmente sobre que facilidades consideran necesita Costa Rica para potenciar el área de investigación y desarrollo y venta de servicios en el campo de materiales, algunas de las respuestas más comunes fueron:

- Asignar más fondos a los centros de investigación para realizar Investigación y Desarrollo.

- Fomentar el vínculo industria- academia, para que las universidades se enfoquen en atender las necesidades industriales.
- Ofrecer cartera de servicios dentro de la ISO 17025 con cortos tiempos de respuesta.
- Aumentar el roce internacional con tecnologías de punta.
- Disminuir los impuestos para la obtención de equipos.
- Elevados tiempos de espera y problemas para sacar equipos de aduanas.

Costa Rica debe preparar recursos humanos en sintonía con los requerimientos del desarrollo, capaces de adaptarse al cambio y de generar progreso para todos los habitantes de la nación. (HIPATIA, 2014)

Es en este contexto que el trabajo desea mostrar un instrumento necesario para la innovación y la mejora de las capacidades de investigación. Lo anterior, a través del establecimiento de un laboratorio de análisis en química superficial que promueva un entorno más dinámico para el desarrollo científico y tecnológico del país. Este estudio pretende exponer un caso específico para colaborar con los esfuerzos realizados en el mapeo de las necesidades de CINDE.

4 Soluciones técnicas para solventar las necesidades de la industria médica en cuanto a técnicas de superficie.

En este capítulo se expone técnicamente lo necesario para instalar un laboratorio de caracterización superficial con espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) y la espectroscopia electrónica de Auger (AES) como técnicas analíticas. Como se mostrará, ambas técnicas, son sensibles a las capas atómicas más externas del material.

4.1 Componentes necesarios para un espectrómetro Fotoelectrónico.

El instrumento general de espectroscopia fotoelectrónica consiste en cámaras de acero inoxidable, que son bombeadas por una combinación de bombas de ultraalto vacío, respaldadas por bombas rotativas y de diafragma. (Pradeep, Photoelectron Spectroscopy for the study of nanomaterials, 2012)

Un instrumento típico independiente consta de tres cámaras, como se observa en la Figura 8:

1. La cámara principal o la cámara de análisis que tiene un analizador de energía de electrones, una fuente de rayos X y un manipulador de muestras, que facilita el enfriamiento y el calentamiento de las muestras.
2. Una cámara de preparación de muestras, en la cual la superficie de la muestra está preparada y caracterizada dentro del ultraalto vacío (esta cámara generalmente tiene una cuchilla para muestras o instalaciones de recocido de muestras y de grabado por iones).
3. Una cámara de banco de muestras o bloqueo de carga de entrada rápida, que solo se abre y se expone al aire, para introducir las muestras en las cámaras de preparación y análisis. Esta cámara es necesaria para minimizar el tiempo requerido para lograr un ultraalto vacío, para los experimentos que se realizarán en las cámaras de preparación y análisis. (Pradeep, Photoelectron Spectroscopy for the study of nanomaterials, 2012)

El análisis de energía está controlado por computadora y el experimento de espectroscopia explora la energía cinética de los electrones medidos para obtener un espectro: intensidad en función de la energía cinética.

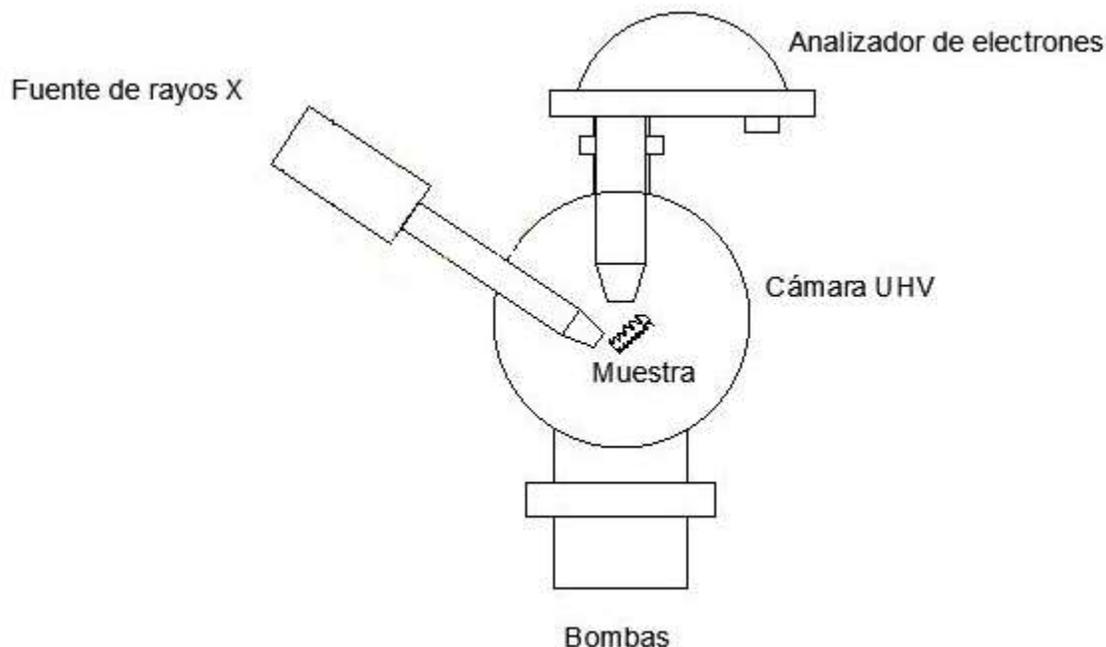


Figura 8. Principales partes de un XPS. Elaborado por Maria Fernanda Luna.

Dentro de estas tres cámaras se encuentra la instrumentación más importante a estudiar en un XPS:

4.1.1 Cámara de Vacío

Todos los espectrómetros comerciales ahora se basan en sistemas de vacío diseñados para operar en el rango de ultraalto vacío (UHV) de 10^{-8} a 10^{-10} torr, y en la actualidad se acepta generalmente que los experimentos de XPS y AES deben realizarse en este rango de presión. La razón por la que se necesita un entorno UHV es la sensibilidad de la superficie de las técnicas en sí mismas. A 10^{-6} mbar, el equivalente a aproximadamente una monocapa de gas se entrega a la superficie cada segundo. Si la superficie está pasivada (por ejemplo, por exposición previa al aire), esto no importará demasiado. En el otro extremo de una superficie limpia y reactiva, esto significa que la superficie se contaminará con una monocapa en aproximadamente 1 s. Este período de tiempo es corto en comparación con el requerido para una adquisición espectral típica, estableciendo claramente la necesidad de un entorno UHV durante el análisis. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

Las condiciones de UHV se obtienen generalmente en un espectrómetro de electrones moderno mediante el uso de bombas de iones o bombas turbomoleculares. Sea cual sea el tipo de bomba que se elija, es común usar una bomba de sublimación de titanio para ayudar al bombeo principal y

lograr el nivel de vacío deseado. Todos los sistemas UHV necesitan hornearse de vez en cuando para eliminar las capas adsorbidas de las paredes de la cámara.

La trayectoria de los electrones puede verse fuertemente influenciada por el campo magnético de la Tierra, comprometiendo severamente la capacidad de resolución del analizador de energía de electrones.

En consecuencia, se requiere alguna forma de detección magnética alrededor de la muestra y el analizador de electrones. La metodología depende del fabricante. A veces, esto hace que toda la cámara de vacío esté hecha de mu-metal (aleación de níquel- hierro, aproximadamente 75% de níquel, 15% de hierro, además de cobre y molibdeno) (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.2 Fuente de Rayos X

Los rayos X se generan bombardeando un material de ánodo con electrones de alta energía. Los electrones se emiten desde una fuente térmica, generalmente en forma de filamento de tungsteno calentado eléctricamente, pero, en algunos monocromadores de rayos X de enfoque, se utiliza un emisor de hexaboruro de lantano debido a su mayor densidad de corriente (brillo).

La eficiencia de la emisión de rayos X desde el ánodo está determinada por la energía del electrón, relativa a la energía del fotón de rayos X. Por ejemplo, el Al Ka (energía 1486.6 eV), el flujo de fotones de un ánodo de aluminio aumenta en un factor de más de cinco si la energía electrónica aumenta de 4 a 10 keV. A una energía dada, el flujo de fotones de un ánodo de rayos X es proporcional a la corriente de electrones que golpea el ánodo. La corriente máxima del ánodo está determinada por la eficiencia con la que se puede disipar el calor generado en el ánodo. Por esta razón, los ánodos de rayos X generalmente se enfrían con agua.

La elección del material del ánodo para XPS determina la energía de la transición de rayos X generada. Debe tener la energía fotónica suficiente para excitar un pico fotoelectrónico de todos los elementos de la tabla periódica; también debe poseer un ancho de línea de rayos X natural que no amplíe el espectro resultante en exceso. Los materiales de ánodo más populares son el aluminio y el magnesio. Por lo general, estos se suministran en una sola pistola de rayos X con una configuración de ánodo doble que proporciona fotones de energía 1486.6 y 1253.6 eV de Al Ka o Mg Ka. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

Se han utilizado ánodos de mayor energía, como Ti (4510.9 eV) y Cr (5417.0 eV), en XPS, pero esta es una capacidad muy especializada. Las ventajas de usar uno de estos elementos en un ánodo gemelo es que los niveles del núcleo de mayor energía se vuelven accesibles y, como los KE de los electrones expulsados pueden ser mucho más altos que con las fuentes de Al o Mg, la profundidad del análisis puede aumentarse. Las desventajas son que la resolución espectral es más pobre porque la contribución de ancho de línea de rayos X es mayor y es mucho más difícil mantener la estabilidad de estos ánodos.

Los instrumentos modernos de XPS a menudo están equipados con un monocromador de rayos X, que reduce el ancho de línea de los rayos X provenientes del ánodo (por lo general, de 1 a 0.25 eV).

En la actualidad, todos los monocromadores de rayos X disponibles comercialmente utilizados para XPS emplean un cristal de cuarzo como la red de difracción para el monocromador. El cuarzo es un material conveniente porque es inerte y compatible con UHV, y puede doblarse o rectificarse en la forma correcta. Por lo general, el monocromador en un instrumento XPS se usa para la radiación de Al K α , porque la separación en la red del cristal de cuarzo significa que la reflexión de primer orden se produce en un ángulo conveniente. Sin embargo, se han utilizado otros materiales y otras órdenes de difracción.

Mediante el uso de un monocromador de rayos X de enfoque, es posible producir un análisis de área pequeña, y esto ahora forma la base de instrumentos comerciales con una resolución espacial de 20 μm o menos. Este es una ruta al área pequeña XPS. El otro método disponible comercialmente, la apertura óptica electrónica, se describe más adelante en este capítulo. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.3 Pistola de electrones para Auger (Electron Gun):

Un cañón de electrones es el elemento que sirve para generar y dirigir un haz de electrones adecuadamente con energía suficiente.

La pistola de electrones tiene componentes críticos: la fuente de electrones y conjuntos de lentes para enfocar, modelar y escanear el haz. Las fuentes de electrones pueden ser emisores termiónicos o emisores de campo (frío o Schottky) y las lentes para el cañón de electrones pueden ser electrostáticas o, para aplicaciones de alta resolución, electromagnéticas.

El criterio, que distingue una pistola de electrones para AES de una convencional en microscopía electrónica, es la necesidad de operar en un entorno de UHV.

Hoy en día, la combinación de lentes electromagnéticas y una fuente de electrones de emisión de campo da como resultado instrumentos Auger cuyo tamaño de punto de electrones puede ser inferior a 10 nm. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

Para ser útil como fuente de electrones para AES, una fuente debe tener las siguientes propiedades además de poder generar un punto de haz pequeño:

1. Estabilidad: la corriente emitida desde la fuente debe ser altamente estable durante largos períodos.
2. Brillo: Se requieren corrientes de alta emisión desde una pequeña área emitida si el tamaño del punto focal en la muestra es pequeño.
3. Monoenergético: la longitud focal de las lentes electromagnéticas y electrostáticas depende de la energía de los electrones. Esto significa que las condiciones de enfoque óptimas para un punto pequeño solo pueden ocurrir para electrones que tienen un rango muy pequeño de KE.
4. Longevidad: en condiciones normales de funcionamiento, el emisor debe durar muchos cientos de horas. El reemplazo de los emisores requiere que se rompa el vacío y que el instrumento se hornee antes de poder usarlo. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.4 Analizador de energía de electrones

Existen dos tipos de analizadores de energía de electrones de uso general para XPS y AES: el analizador de espejo cilíndrico (CMA) y el analizador de sector hemisférico (HSA).

El CMA se usa cuando no es importante que se logre la resolución más alta y cuando se desea que el rendimiento sea más alto. Por ejemplo, se usa habitualmente para AES si no se requiere información sobre el estado químico.

Normalmente, los analizadores de CMA comerciales pueden proporcionar una resolución de energía de aproximadamente el 0,4 % al 0,6% de la energía a la que están sintonizados. Las HSA pueden operarse de tal manera que tengan una resolución similar, pero también pueden operar con más de un factor de 10 mejores resoluciones, al costo de un rendimiento más bajo. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

El desarrollo de estos dos analizadores es un reflejo de los requisitos de AES y XPS al inicio de las técnicas. El requisito principal para AES fue la alta sensibilidad (transmisión del analizador), siendo la resolución del instrumento (la contribución de la ampliación del analizador al espectro resultante) siendo de menor importancia. La necesidad de una alta sensibilidad condujo al desarrollo de la CMA.

Por otro lado, para XPS, la resolución espectral es la piedra angular de la técnica y esto condujo al desarrollo de la HSA como un diseño de analizador con una resolución suficientemente buena. La adición de una lente de transferencia a la HSA y la detección multicanal aumentan su sensibilidad al punto en el que son posibles tanto la transmisión alta como la alta resolución, y este tipo de analizador ahora se puede usar con resultados aceptables tanto para XPS como para AES. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005) La naturaleza de la CMA no permite la adición de una lente de transferencia. Tampoco se presta para realizar mediciones de ángulo resuelto (variación de θ para perfiles de profundidad no destructiva).

Aunque el CMA puede proporcionar una buena sensibilidad para AES, tiene una serie de desventajas, lo que lo hace totalmente inadecuado para XPS. Además de la mala resolución ya mencionada, la calibración de energía del analizador depende en gran medida de la distancia de la superficie de la muestra del analizador, y también el área desde donde se pueden recolectar los electrones es muy pequeña. En un intento por superar estas desventajas, se desarrolló un CMA de doble paso con éxito limitado, pero todos los instrumentos XPS comerciales modernos ahora están equipados con una HSA.

Una HSA, también conocida como analizador hemisférico concéntrico (CHA) o analizador de sector esférico (SSA), consiste en un par de electrodos hemisféricos concéntricos entre los cuales hay un espacio para que pasen los electrones.

Entre la muestra y el analizador suele haber un sistema de lentes, que sirve para varios propósitos, uno de los cuales es reducir la KE de los electrones antes de ingresar al analizador, mejorando así la resolución absoluta del analizador.

El rendimiento de la HSA depende en gran medida de la naturaleza y la calidad de la lente de transferencia o las lentes entre la muestra y la entrada al analizador. Alejan el analizador de la posición de análisis permitiendo que otros componentes del espectrómetro se coloquen más cerca de la muestra; maximiza el ángulo de recolección para asegurar una alta transmisión y sensibilidad; retarda los electrones antes de su inyección en el analizador; controla el área de la muestra de la

cual se recolectan los electrones, lo que permite realizar mediciones de XPS de área pequeña; y controlar el ángulo de aceptación. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.5 Compensación de carga en XPS

La fotoemisión de una muestra aislante puede causar que se produzca una carga electrostática, lo que resulta en un cambio en la posición del pico en la dirección de un BE más alto.

Cuando la fotoemisión es excitada por una fuente de rayos X no monocromática, por lo general hay un número suficiente de electrones de baja energía disponibles en la vecindad de la muestra para neutralizar efectivamente la muestra y permitir la obtención de espectros XPS de alta calidad.

Cuando se utilizan fuentes de rayos X monocromáticas, estos electrones de baja energía no se producen en cantidades tan grandes cerca del espécimen, por lo que no siempre tiene lugar una neutralización efectiva (también debe ser uniforme sobre el área de análisis para evitar la ampliación de los picos de XPS).

Cuando es necesaria la compensación de carga, es una práctica normal inundar la muestra con electrones de baja energía. Esta técnica minimiza el riesgo de carga diferencial o no uniforme. Cualquier cambio negativo general se corrige mediante la calibración durante el procesamiento de datos. Típicamente, la energía de los electrones es inferior a 5 eV. Ha habido un extenso trabajo relacionado con el problema de la carga en XPS. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.6 Detectores

Los multiplicadores de electrones se utilizan para contar los electrones individuales que llegan al detector. Si bien hay muchos tipos de multiplicadores de electrones, solo se usan dos tipos en los espectrómetros de electrones: canales y placas de canales.

Los espectrómetros se han diseñado utilizando placas de canal para medir señales en una matriz X – Y para la adquisición paralela de imágenes fotoelectrónicas en una matriz de energía X para la adquisición paralela de exploraciones de líneas XPS; y en una matriz de energía-ángulo para la adquisición paralela de espectros XPS (ARXPS) de ángulo resuelto. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.7 XPS para imágenes y mapeo

Una extensión lógica para áreas pequeñas XPS es producir una imagen o un mapa de la superficie. Dicha imagen o mapa muestra la distribución de un elemento o estado químico en la superficie de la muestra.

Los fabricantes utilizan dos enfoques para obtener mapas XPS:

- Adquisición en serie: en la que cada píxel de la imagen se recopila a su vez (modo de mapeo).
- Adquisición paralela: en la que los datos de toda la zona de análisis se recopilan simultáneamente (imágenes reales como un microscopio óptico o TEM), puede producir imágenes con una resolución de imagen de hasta 3mm. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

La adquisición en serie es generalmente más lenta que la adquisición en paralelo, pero tiene la ventaja de que se puede recopilar un rango de energías (es decir una parte del espectro) en cada píxel, mientras que en la adquisición en paralelo solo se puede recopilar una sola energía durante cada adquisición.

Las imágenes paralelas proporcionan mejor resolución de imagen y son más rápidas que los métodos en serie, pero solo recopilan una imagen con una sola energía. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.8 Perfil de Composición de Profundidad

Aunque tanto XPS como AES son esencialmente métodos de análisis de superficie, es posible usarlos para proporcionar información de composición en función de la profundidad. Esto se puede lograr de cuatro maneras:

1. **Angulo Resuelto XPS (ARXPS)**: Como se ha mencionado anteriormente, el pequeño camino libre medio de los electrones (small mean free path of electrons) de un sólido significa que la profundidad de la información en el análisis XPS es del orden de unos pocos nanómetros si los electrones se detectan en una dirección normal a la superficie de la muestra.

Si se detectan electrones en algún ángulo con respecto a lo normal, la profundidad de la información se reduce en una cantidad igual al coseno del ángulo entre la normal de la superficie y la dirección del análisis. Esta es la base de la poderosa técnica de análisis, ARXPS. Este método se puede aplicar a películas que son demasiado delgadas para ser analizadas eficazmente mediante técnicas convencionales de perfilado de profundidad por pulverización. Este es un método no destructivo que puede proporcionar información sobre el estado químico, pero está restringido en la profundidad que puede explorar por el valor λ involucrado. El enfoque funciona mejor para los 4 nm o superiores. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

Para obtener datos de Ángulo Resuelto, el ángulo medio se establece en la región de 1° a 3° para proporcionar una buena resolución angular, luego se adquiere una serie de espectros a medida que la superficie de la muestra se inclina con respecto al eje de la lente.

En la actualidad hay instrumentos comerciales que producen espectros sin necesidad de inclinar la muestra, con capacidad de adquisición paralela, un registro más rápido permitiendo la adquisición de los espectros a muchos ángulos de despegue simultáneamente.

Dicha disposición puede proporcionar un rango angular de 60° con una resolución cercana a 1° . Esto tiene una serie de ventajas sobre el método convencional:

- Las mediciones ARXPS pueden tomarse de muestras muy grandes, como obleas semiconductoras completas, ya que dichas muestras son demasiado grandes para ser inclinados dentro de un espectrómetro XPS.
- La posición de análisis permanece constante en todo el rango angular. Al combinar XPS de área pequeña y ARXPS, es difícil asegurar que el punto de análisis permanezca fijo mientras se inclina la muestra. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

2. **Perfil de profundidad de pulverización iónica (Sputtering):** El método anteriormente descrito no destructivo es extremadamente útil para evaluar cambios de composición en unos cuantos nanómetros, pero para un análisis más profundo es necesario eliminar el material.

El método mejor conocido como sputtering consiste en ir desbastando o decapando la muestra, a la vez que se realizan espectros de XPS aunque es de tipo destructivo. Para alcanzar profundidades de hasta cientos de nanómetros, generalmente se realiza mediante bombardeo de iones, utilizando los gases inertes Ar o Xe útiles para perfilar capas finas de materiales inorgánicas (generalmente Ar

debido al costo). En la mayoría de materiales poliméricos esta técnica puede modificar la composición de la muestra y destruir información química.

El proceso de pulverización en sí no es sencillo; puede haber sputtering preferencial de un tipo particular de átomo. Pueden ocurrir reacciones inducidas por iones; por ejemplo, el cobre (II) se reduce a cobre (I) después de la exposición a un haz de iones de dosis baja y baja energía. A medida que se elimina más y más material, la base del cráter de grabado aumenta en rugosidad y, finalmente, la definición de la interfaz puede llegar a ser muy pobre. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

Para medir un buen perfil de profundidad es necesario un vacío de alta calidad, ya que si hay altas presiones parciales de impurezas reactivas presentes, la superficie puede no reflejar la verdadera composición del material. Esto se debe a que el acto de pulverización produce una superficie altamente reactiva, que puede obtener gases residuales del vacío. El oxígeno, el agua y los materiales carbonosos son contaminantes comunes. (C.R, Watts, & Wolstenholme, 2005)

4.1.9 Manipulación de las muestras

Aunque la espectroscopia electrónica se puede realizar con éxito en gases y líquidos, así como en sólidos, la gran mayoría de los trabajos prácticos son realizados en sólidos. Las muestras tanto para XPS como para AES deben ser estables dentro de la cámara UHV del espectrómetro. Los materiales muy porosos (como algunos materiales cerámicos y polímeros) pueden plantear problemas, como los que tienen una alta presión de vapor o un componente que tiene una alta presión de vapor (como un residuo de disolvente).

Para AES, sin embargo, el uso de un haz de electrones dicta que para el análisis de rutina, la muestra debe ser conductora y efectivamente conectada a tierra. Como guía, si se puede obtener una imagen de una muestra (sin recubrimiento) en un SEM sin ningún problema de carga, se puede analizar una muestra de tipo similar mediante AES. El análisis de aisladores tales como polímeros y cerámicos por AES es bastante factible, pero su éxito depende en gran medida de la habilidad y experiencia del operador del instrumento. Dicho análisis se logra al garantizar que la corriente de haz entrante se equilibre exactamente con la corriente combinada de los electrones emitidos, lo que

garantiza que la corriente de haz entrante se equilibre exactamente con la corriente combinada de los electrones emitidos.

Para el montaje de muestras conductoras, todo lo que se necesita es una tira fina de pintura conductora, además de la cinta adhesiva, para evitar la carga de la muestra. Los solventes en la pintura conductora pueden hacer que el tiempo de inactividad de la bomba se extienda a medida que se evaporan en el vacío. Alternativamente, se puede usar cinta de metal con un adhesivo cargado de metal (conductor). La mayoría de los laboratorios tienen una selección de portamuestras, generalmente fabricados en la casa, para acomodar especímenes grandes y de formas incómodas. Las muestras discontinuas presentan problemas más bien especiales. En el caso de los polvos, el mejor método es incrustar en una lámina de indio, pero si esto no es posible, el espolvoreo sobre una cinta adhesiva de doble cara puede ser una alternativa muy satisfactoria. Las fibras y las cintas se pueden montar a través de un hueco en un portamuestras, lo que garantiza que no se detecte ninguna señal del soporte en el análisis.

El tipo de montaje de muestra varía con el diseño del instrumento y la mayoría de los espectrómetros modernos usan un talón de muestra similar al tipo empleado en microscopía electrónica de barrido (SEM). Para el análisis, el espécimen se mantiene en un manipulador de alta resolución con x, y y z traslaciones, inclinación y rotación alrededor del eje z (rotación acimutal). Para escanear microscopía Auger, donde el tiempo necesario para adquirir mapas de alta resolución puede ser de varias horas, la estabilidad del escenario es crítica, ya que cualquier desviación durante el análisis degradará la resolución de las imágenes. El software de registro de imágenes, utilizado durante la adquisición, puede mitigar los efectos de una pequeña cantidad de deriva.

Una vez montado para el análisis, el calentamiento o enfriamiento de la lata a veces se puede llevar a cabo al vacío. El enfriamiento está generalmente restringido a temperaturas de nitrógeno líquido aunque las etapas de helio líquido están disponibles. El calentamiento puede lograrse mediante calentamiento directo (contacto) usando un calentador de resistencia pequeño o por bombardeo electrónico para temperaturas más altas.

Dicho calentamiento y enfriamiento serán un análisis preliminar o se llevarán a cabo durante el propio análisis (con la obvia excepción del calentamiento por bombardeo de electrones). El calentamiento, en particular, a menudo se llevará a cabo en una cámara de preparación auxiliar debido a la posibilidad de desgasificación severa a temperaturas más altas.

El análisis de rutina de múltiples especímenes similares por parte de AES y, en particular, XPS puede llevar mucho tiempo, y es deseable algún tipo de automatización. Esto está disponible a través de varios fabricantes en forma de carrusel o mesa manejado por computadora, que permite analizar un lote de muestras cuando una máquina se deja desatendida, generalmente durante la noche.

En el Cuadro 5, se observa la comparación de 5 equipos diferentes que se investigaron para ver los alcances de cada uno y así elegir el que mejor se adapta a las necesidades del Laboratorio que se quiere. Debido a la capacidad multitécnica y al ser un equipo tan completo se eligió para este Proyecto utilizar el Equipo **Specs – NAP XPS**, aparte de ser el único equipo del cual se tiene una cotización formal, ya que la mayoría de casas comerciales no dan una cotización si no se ha pactado una señal de trato por lo menos debido a lo complejo de su diseño.

Cuadro 5. Semejanzas entre equipos comerciales de XPS. (*Thermo Scientific*, 2019) (*Specs*, 2019) (*SPECS*, 2018)

Thermo Scientific™ K-Alpha +™	Thermo Scientific™ Nexsa™ XPS System	ESCALAB Xi + XPS Microprobe	EnviroESCA	Specs – NAP XPS
Ofrece resultados de alta calidad basado en el flujo de trabajo optimizado, hace que la operación de XPS sea siempre simple e intuitiva	Instrumento totalmente integrado con capacidad de análisis opcionales	Combina alta sensibilidad con imágenes cuantitativas de alta resolución y capacidad multi técnica.	Inteligente herramienta de análisis supera las barreras de los sistemas XPS estándar al permitir el análisis a presiones muy por encima del UHV.	Herramienta de caracterización estándar, con un alto nivel de desempeño que ayuda a responder muchas preguntas analíticas
Sistema de vacío UHV Monocromador de rayos X Al K α para una alta resolución de estado químico	Sistema de vacío UHV Fuente de rayos X, monocromador Al K α . Con tamaño de punto de rayos X de 10 μ m – 400 μ m ajustable en pasos de 5 μ m	Sistema de vacío UHV Fuente de rayos X, monocromador Al K α . Con tamaño de muestra entre 200 μ m y 900 μ m	Sistema de vacío UHV Fuente de rayos X, monocromador Al K α . Tamaños de puntos de 200 μ m - 1 mm optimizados para el área de análisis.	Sistema de vacío UHV Fuente de rayos X, monocromador Al K α . Tamaño de punto garantizado de 200 μ m
Manejo de muestras, 4 ejes, 60 mm x 60 mm área de muestra y espesor máximo de muestra 20 mm.	Manejo de muestras, 4 ejes, 60 mm x 60 mm área de muestra y espesor máximo de muestra 20 mm.	Posee portamuestras para enfriar o calentar.	Compatible con todo tipo de muestras y tamaños hasta ϕ 120 mm y 40 mm de altura	Manipulador de muestras 4 ejes con área de muestra de 12 mm x 12 mm y un espesor estándar 0.5 mm. Enfriamiento con nitrógeno líquido hasta 100 K en UHV. Calentamiento con haz de electrones hasta 800 °C en UHV.
Fuente de iones que permite realizar perfiles de profundidad	Fuente de iones que permite realizar perfiles de profundidad	Fuente de iones que permite realizar perfiles de profundidad	Fuente de iones que permite realizar perfiles de profundidad	Fuente de iones que permite realizar perfiles de profundidad
Analizador hemisférico de doble enfoque de 180 °	Analizador hemisférico de doble enfoque de 180 °	Analizador hemisférico de doble enfoque de 180 °	Analizador hemisférico con radio medio de 150 mm.	Analizador hemisférico de doble enfoque de 180 °
Posee una compensación de carga que permite que el análisis de aislante sea tan fácil como trabajar con otra muestra.	Posee una compensación de carga que permite que el análisis de aislante sea tan fácil como trabajar con otra muestra.	Posee una compensación de carga que permite que el análisis de aislante sea tan fácil como trabajar con otra muestra.	Posee compensación de carga automática	Posee compensación de carga automática
Sistema de adquisición de datos y generación de informes.	Software para control de instrumentos, procesamiento de datos e informes.	Software para control de instrumentos, procesamiento de datos e informes.	Sistema de Registro y Procesamiento de datos, ajuste de curvas utilizadas para la identificación y cuantificación automática de picos.	Sistema de Registro y Procesamiento de datos, ajuste de curvas utilizadas para la identificación y cuantificación automática de picos.

Cuadro 6. Diferencias entre equipos comerciales de XPS. (Thermo Scientific, 2019) (Specs, 2019) (SPECS, 2018)

Thermo Scientific™ K- Alpha +™	Thermo Scientific™ Nexsa™ XPS System	ESCALAB Xi + XPS Microprobe	EnviroESCA	Specs – NAP XPS
Ofrece resultados de alta calidad baso en el flujo de trabajo optimizado, hace que la operación de XPS sea siempre simple e intuitiva	Instrumento totalmente integrado con capacidad de análisis opcionales	Combina alta sensibilidad con imágenes cuantitativas de alta resolución y capacidad multitécnica.	Inteligente herramienta de análisis supera las barreras de los sistemas XPS estándar al permitir el análisis a presiones muy por encima del UHV.	Herramienta de caracterización estándar, con un alto nivel de desempeño que ayuda a responder la mayoría de las preguntas analíticas
Sonda de rayos X que genera imágenes de estado químico	Genera imágenes de estado químico.	Genera imágenes de estado químico.	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto
Se autocalibra en minutos solo con presionar un botón	No se encontró información al respecto	La calibración y alineación se logra con un bloque de estándares de muestras de cobre, plata y oro. Calibración automática.	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto
No posee módulo de ARXPS	Posee módulo de inclinación para mediciones ARXPS (Ángulo Resuelto)	Posee módulo de inclinación para mediciones ARXPS (Ángulo Resuelto)	No posee módulo de ARXPS	No se encontró información al respecto
No posee múltiples técnicas	Posee accesorios opcionales para Integración de múltiples técnicas analíticas como ISS, UPS, REELS y Raman.	Capacidad multitécnica: ISS, REELS, XPS, AES y UPS.	No posee múltiples técnicas	Analizadores de energía para múltiples técnicas analíticas como ISS, UPS, REELS, Raman, XPS, AES, SAM.
No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	Análisis reproducible de recetas y diseño ergonómico todo en uno.	Análisis reproducible de recetas y diseño ergonómico todo en uno.
No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	Servicio eficiente en costos y tiempo, así como fácil reemplazo de consumibles	No se encontró información al respecto
No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	Sistema de bombeo diferencial
No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	Sistema de enfriamiento de circuito cerrado. Circuito 1: 6 litros/ minuto a máximo 1,5 bar Circuito 2: 5 litros/ minuto a máximo 12 bar
No se encontró información al respecto	No se encontró información al respecto	Cámara de preparación de muestras de acero inoxidable.	No se encontró información al respecto	Cámara de preparación de muestras de acero inoxidable.

4.2 Aplicaciones de análisis superficial en la industria de dispositivos médicos:

Se desea mostrar un instrumento necesario para la innovación y la mejora de las capacidades de investigación. Lo anterior, a través del establecimiento de un laboratorio de análisis en química superficial que promueva un entorno más dinámico para el desarrollo científico y tecnológico del país. Este estudio pretende exponer un caso específico para colaborar con los esfuerzos realizados en el mapeo de las necesidades de CINDE. (CINDE, 2014)

Algunos ejemplos de aplicación de análisis superficial en la industria de dispositivos médicos se mencionan a continuación:

- *La colonización de bacterias en dispositivos médicos* corresponde a una de las complicaciones más graves después de la implantación. Para ayudar a inhibir este crecimiento en los dispositivos poliméricos, se desarrolló un recubrimiento antimicrobiano basado en guanidina, el cual se adhiere al cloruro de polivinilo (PVC). Para analizar la zona externa del PVC recubierto y observar el comportamiento del compuesto desarrollado en diferentes situaciones de contaminación, los expertos han utilizado la espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). (Villanueva , Gonzáles , Rodríguez- Castellón , Teves, & Copello , 2016)
- El polimetilmetacrilato, se utiliza para rellenar el espacio entre una prótesis y su hueso circundante en artroplastias cementadas; se sabe que *los problemas de biocompatibilidad* relacionados con la aplicación de cemento óseo limitan el éxito clínico de estos dispositivos. Por lo tanto, hay estudios que utilizan XPS para saber si hay una correlación entre los cambios de superficie y el tiempo de envejecimiento. (Brittain, 2006)
- Para entender el origen *las fallas adhesivas* a menudo se requieren análisis sofisticados. La ubicación de la falla puede estar en una capa muy delgada en una interfaz. La interfaz puede haberse contaminado durante cualquiera de los procesos utilizados para preparar la superficie de adherencia o después. Un ejemplo clásico en el que un agente de liberación de silicona o dimetil siloxano o lubricante causó fallas en la interfaz de fritas de vidrio. Esta capa delgada de dimetil siloxano no fue detectada por dos investigaciones previas de laboratorio, pero fue detectada fácilmente en este laboratorio usando el análisis de superficie XPS. (Anderson Materials Evaluation , 2017)

- La solución de problemas de *contaminación superficial* a menudo requiere el conocimiento del estado químico del contaminante. Como lo es el caso en la detección de cloro en la superficie, el análisis de la información del fotoelectrón revela si el cloro está presente en forma de ácido clorhídrico o triclorobenceno. El conocimiento de la forma del cloro acelera la localización y eliminación de la fuente de contaminación del proceso. (Van Zant , 2014)

4.3 Requisitos de personal

Para instalar en Costa Rica un laboratorio de análisis superficial, es esencial contar con personal que posea el conocimiento técnico de técnicas como Espectroscopia Fotoelectrónica de Rayos X (XPS) y espectroscopia Auger.

Es de gran importancia que el personal cuente con conocimientos en Ciencias básicas e Ingeniería. Al realizar una primera aproximación del personal necesario para arrancar con dicho Laboratorio se estima que se necesitan al menos 4 puestos de trabajo: un ingeniero (puede ser químico, químico puro o físico), un técnico familiarizado con equipos de laboratorio químico, un asesor de ventas y un oficinista.

El conocimiento y experiencia en el personal acerca de técnicas de caracterización superficial permitirá que el laboratorio cumpla con los estándares mundiales de este tipo de laboratorios, para lograr brindar un servicio de calidad.

Como se mencionó en capítulos anteriores debido al desconocimiento de muchas personas y empresas acerca de las técnicas XPS y Auger, el asesor de ventas será necesario para hacer visitas a los clientes y dar charlas informativas de las ventajas y alcances del Laboratorio.

Responsabilidades del personal

Ingeniero o Profesional en Física o Química

- Debe estar a cargo de estudiar cada caso que llegue al Laboratorio, para decidir cuál es la mejor técnica que se ajusta al problema presente.
- Debe trabajar en conjunto con el cliente al cual se le brindan el servicio, para entender con claridad que necesitan resolver con las técnicas de caracterización superficial y brindar un servicio satisfactorio.

- Capacitarse constantemente y procurar que todo el personal se encuentre capacitado en todos los aspectos del Laboratorio, tanto técnicos como de calidad.
- Creación de los procedimientos y políticas del laboratorio.
- Velar por el buen manejo de los equipos y vigilar que se encuentren bien calibrados.
- Redacción de informes del laboratorio y verificación de la interpretación de resultados.

Técnico de laboratorio con conocimiento en caracterización superficial

El técnico del laboratorio será el que se encuentre directamente relacionado con la manipulación de los equipos, preparación del material, tomar mediciones e informar sobre los resultados.

- Gestionar la existencia de material, encargando repuestos cuando se necesiten.
- Organizar y limpiar el laboratorio. Eliminar los residuos de laboratorio.
- Preparar los equipos y llevar su mantenimiento.
- Muestreo y análisis de éstas.
- Registrar y examinar los resultados de los experimentos.
- Comunicar los resultados al responsable científico.
- Identificar los peligros en el laboratorio y evaluar los riesgos.
- Brindar soporte en el desarrollo de los procedimientos del laboratorio.
- Dar soporte técnico tanto al ingeniero como a los clientes que así lo soliciten.

Asesores de ventas

Una vez que se el laboratorio se encuentre con todos los equipos instalados, certificaciones y normativas al día. La forma más adecuada de dar conocer el servicio es mediante pequeñas charlas informativas acerca de las ventajas de caracterización superficial, que el asesor de ventas deberá brindar.

El asesor de ventas se encontrará en contacto permanente con los clientes pendiente de las necesidades del mercado, y a su vez facilitando que éstos se mantengan actualizados del negocio. El asesor de ventas tendrá otras responsabilidades como:

- Conocer las características del servicio que se brindará en el laboratorio.

- Conocer los beneficios que se le proporcionan al cliente (disminución de tiempos de espera y costos, capacitaciones adicionales).
- Conocer condiciones de venta y pago del servicio.
- Buscar potenciales clientes y mantener contacto con los clientes iniciales con el fin de hacer crecer el negocio y su credibilidad.

Oficinista

Este será el encargado de dar información por teléfono y correo electrónico a los clientes, referente al servicio que se ofrece, así como los requisitos y pasos a seguir para solicitarlo. También será el punto de contacto con los clientes para enviar cotizaciones y dar seguimiento a los servicios que ya fueron solicitados.

4.4 ACREDITACIONES

En Costa Rica el único ente competente con potestad para emitir las acreditaciones a nivel nacional en las áreas de laboratorios de ensayo y calibración, laboratorios clínicos, organismos de inspección, organismos de certificación y organismos validadores/verificadores de gases de efecto invernadero es el ECA, Ente Costarricense de Acreditación. Esta Entidad fue creada en el 2002 bajo la ley 8279 “Sistema Nacional para la Calidad”.

El ECA tiene sus acreditaciones reconocidas internacionalmente por los máximos foros mundiales de acreditación, como el Foro Internacional del Acreditación (IAF), la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) y la Cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC), contribuyendo así, a mejorar la calidad y la productividad de empresas e instituciones en sus productos, bienes y servicios. (ECA, 2016)

Como este caso se tiene interés en un laboratorio de ensayo que brinde análisis de caracterización superficial se deben cumplir los requisitos solicitados por el ECA.

Los laboratorios de ensayo deben regirse por la norma ISO 17025 “Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”. Documento que contiene requisitos que permiten a los laboratorios demostrar que tienen la capacidad de generar resultados válidos y competentes, esta norma se explicará más a fondo en el Capítulo 6.

Como la mayoría de las empresas entrevistadas fueron de dispositivos médicos, también en el capítulo siguiente se va a mencionar de la norma ISO 13485 en la mayoría de casos necesaria para esta industria.

4.5 Instalaciones

Las condiciones ambientales del laboratorio deben ser las óptimas de manera que factores externos no interfieran en los resultados de los análisis. Algunos de los factores que se deben controlar son:

- **Temperatura y humedad relativa:**

Para que los laboratorios de calibración o de ensayo sean capaces de realizar mediciones adecuadas, se debe proporcionar ambientes controlados donde parámetros como la temperatura, la presión y la humedad relativa no afecten el nivel de las mediciones que se van a realizar.

En el Cuadro 7, de acuerdo con el Manual 143 de NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), 2003), se pueden observar los requisitos mínimos de temperatura y humedad relativa que deben cumplirse, de acuerdo al escalón de exactitud en el que se ubique el laboratorio. El escalón depende de los estándares, procedimientos, control de medición, instalaciones, equipos, capacidad del personal, y se define específicamente por la incertidumbre expandida.

Cuadro 7. Lineamientos de instalaciones ambientales para laboratorios de calibración (*Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), 2003*).

Escalón de exactitud	Temperatura	Humedad relativa (máximo por 4 h)
I Exactitud Extra Fina	20 °C a 23 °C, con un “set point” de ± 1 °C y un cambio máximo de 0,5 °C/h.	40 % a 60 % ± 5 %
II Exactitud Fina	20 °C a 23 °C, con un “set point” de ± 2 °C y un cambio máximo de 1,0 °C/h.	40 % a 60 % ± 10 %
II Exactitud Media	18 °C a 27 °C, con un cambio máximo de 2 °C/h.	40 % a 60 % ± 20 %

Los cambios ambientales en estos límites dentro de un período de tiempo muy corto afectarán adversamente las mediciones de masa, por lo tanto, es de gran importancia la estabilidad del entorno durante el tiempo de medición. (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), 2003)

Interferencia electromagnética

Los campos eléctricos y magnéticos deben mantenerse a un nivel que no comprometa la validez de los resultados de medición. Esta interferencia debe controlarse si es necesario con métodos como dispositivos de radiación desionizante antiestática, la conexión a tierra, o con el uso de pisos conductivos especiales y selección de vestimenta adecuada para el personal (Consejo Nacional de Investigación de Canadá, 2003).

5 ANÁLISIS FINANCIERO

5.7 Capital de trabajo

El capital de trabajo son todos aquellos recursos que se necesitan para operar y deben estar disponibles a corto plazo. Dentro de los recursos necesarios se encuentran, la materia prima, la mano de obra, servicios necesarios, entre otros. (Haime L. , 2003)

El Cuadro 8, se pueden observar los rubros relacionados con la materia prima, donde en este caso este aspecto se asocia a insumos para el laboratorio, así como un entrenamiento inicial sobre caracterización superficial con espectroscopia fotoelectrónica de Rayos X (XPS) y Auger impartido por un profesional en el área para el ingeniero y técnico del laboratorio, el cual sólo se toma en cuenta para el primer mes. Los precios se obtuvieron de cotizaciones, investigación en páginas de Internet de suplidores de este tipo de materiales requeridos y de información recolectada por profesionales relacionados con el área.

Cuadro 8. Materia prima requerida para brindar el servicio.

Materia prima	Costo unidad (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Insumos laboratorio (papel para pesar, acetona, alcohol, pinzas)	200,00	200,00	2 400,00
Guantes (1 caja)	10,00	100,00	1 200,00
Entrenamiento inicial	5 000,00	N/A	5 000,00
Argón	300	600	7 200
Nitrógeno Líquido	400	800	9 600
Total		1 700,00	25 400,00

Como servicios auxiliares se tomaron en cuenta el agua, la electricidad, internet y el teléfono. En el **Cuadro 9**, se muestra el costo de estos servicios.

La electricidad tiene un costo de 0,12 \$/kWh, de acuerdo con la factura del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para Zonas Francas (ICE, 2018), y la tarifa de agua, un valor de \$53,74 por mes, más un cargo fijo mensual de \$3,50 y un precio por metro cúbico empresarial de \$ 2,78, de acuerdo con la Estructura Tarifaria del Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para el año 2017 (AYA, 2017) y al tipo de cambio a dólares del día 6 de abril del 2018. El servicio de internet más telefonía fija se adquiere como un paquete (kolbi, 2018).

Cuadro 9. Costo de servicios auxiliares

Rubro	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Electricidad	204,15	2 449,85
Agua	102,32	1 227,88
Internet 30 MG + Teléfono	49	585,31
Total	355,47	4263,04

En cuanto al personal de la planta estará conformado por un ingeniero, un técnico, un agente de ventas, un recepcionista y un conserje. La suma de los salarios brutos, las cargas sociales y las prestaciones se deben incluir el costo del personal. En el Cuadro 10 se encuentra el desglose y el costo asociado por empleado anualmente, considerando los salarios mínimos según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS, 2018).

Cuadro 10. Costo mensual de los salarios de los empleados (MTSS, 2018)

Puesto	Salario Bruto (\$)	Cargas patronales (\$)	Salario Total Anual (\$)
Técnico de caracterización superficial	1 207,70	314,00	19 781,59
Agente de ventas	1 390,50	361,53	22 775,71
Ingeniero o Químico	1 640,44	426,51	26 869,61
Recepcionista	564,73	146,83	9 250,07
Conserje	524,92	136,48	8 597,97
Total	5 328,29	1 385,35	87 274,94

5.2 Inversión total del capital

La inversión total de capital se refiere a los bienes que necesita un proyecto para iniciar operaciones, este está compuesto por los inmuebles, inventarios, inversiones diferidas, capital de trabajo e imprevistos. (Poveda, 2008)

En el Cuadro 11 se puede observar los datos que forman parte del capital de trabajo. El costo de alquiler se determinó mediante investigación realizada en Internet para obtener un alquiler en Zona Franca, y que se considera que tendrá un crecimiento de un 10 % por año (Álvarez , 2017). Se decidió realizar la prefactibilidad financiera instalando el laboratorio en alguna de las Zonas Francas, ya que es donde se concentran las empresas de dispositivos médicos. Dentro de las opciones de donde instalar el negocio se contempló en un inicio implementar el servicio en algún

Centro de Investigación de la Universidad de Costa Rica, pero debido a que la prioridad de estos Centros es la Enseñanza y la Investigación, era más complicado justificar dedicar la mayoría de recursos a la venta de servicios. Por otra parte, el costo de la intercomparación, la auditoría interna y la contratación del experto técnico se consideraron y obtuvieron de acuerdo con la información proporcionada en una reunión con una auditora del LACOMET (Profesora Paula Solano), así como la investigación en medios electrónicos.

Cuadro 11. Inversión total de capital.

Inversión en activos fijos	Monto (\$)
Edificio \$7,60 m ² /mes en Zona Franca (Edificio de 250 m ²)	1900,00
Muebles de oficina	3 000,00
Equipo XPS	1 100 000,00
Total activos fijos	1 104 900,00
Inversiones diferidas	
Acreditación del ECA	10 000,00
Intercomparación laboratorios	3 000,00
Auditoría interna	3 000,00
Experto Técnico para acreditación con ECA	4 375,00
Capital de trabajo	
Materia prima y materiales	28 280,00
Servicios	4 263,04
Salarios	87 274,94
Total capital de trabajo	119 817,98
Inversión total	1 245 092,98 ~ 1 245 105,00

5.3 Financiamiento

Como se comentó en el tercer capítulo, el 100 % del proyecto se financiará con un crédito otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo con un plazo de 10 años, y una tasa de interés del 3,25 % (Parot, 2015).

El préstamo se solicitará por un valor de \$ 1 245 105,00 con una cuota mensual de \$ 41 356,23. Debido a que los ingresos del negocio se recibirán en dólares y el BID también presta en esta moneda, el préstamo se solicitará en dólares.

En el Cuadro 12, se muestra el resumen de las cuotas anuales que se deben cancelar, tomando en cuenta que la cuota es fija. El detalle por cuotas se puede observar en el Cuadro A.1 (Apéndice A).

Cuadro 12. Resumen del préstamo bancario.

Año	Intereses (\$)	Amortización (\$)	Balance (\$)
1	483 452,77	12 821,95	1 232 277,03
2	477 454,07	18 820,65	1 213 456,38
3	468 648,88	27 625,83	1 185 830,55
4	455 724,23	40 550,49	1 145 280,06
5	436 752,81	59 521,91	1 085 758,15
6	408 905,68	87 369,04	998 389,11
7	368 030,35	128 244,37	870 144,74
8	308 031,64	188 243,08	681 901,66
9	219 962,72	276 312,00	405 589,66
10	90 691,05	405 583,67	0
Total	3 717 654,20	1 245 092,98	

5.4 Precio de venta

En los resultados de las encuestas el precio promedio que algunas personas habían llegado a pagar por servicios de caracterización superficial de XPS era de \$1500, por lo tanto, este fue el valor que se tomó como base para realizar la factibilidad financiera. Este valor de \$1500 dólares, se basa en un promedio calculado al consultar en encuestas a las empresas precios que han pagado por dicho análisis, así como consultas por correo electrónico a laboratorios que brindan el servicio.

La calidad del servicio se debe asociar al precio, por lo que este no debe ser mucho más bajo que la competencia, pero tampoco más elevado ya que restaría la importancia de brindar el servicio en Costa Rica. La calidad de servicio debería ser la máxima posible.

El cambio en el precio se hará a partir del cuarto año, tomando en cuenta las variaciones en el Índice de Precios al Consumidor.

5.5 Flujo de caja y recuperación de la inversión

El flujo de caja resume las entradas y salidas que se estiman van a ocurrir en un período próximo. Se debe realizar un balance de egresos e ingresos para obtener un flujo de caja.

Los egresos son todos aquellos costos como el costo de la realización de pruebas de laboratorio, los impuestos, gastos de mantenimiento, salarios, entre otros. Los ingresos en este caso serían las ganancias obtenidas por la venta del servicio de caracterización superficial.

El en Cuadro 13, muestra con detalle el balance de flujo de caja para 10 años de proyecto con los porcentajes de aumentos anuales utilizados para cada rubro. Se realizó el flujo de caja con una inversión inicial de \$ 1 245 105, 00.

Al inicio de este proyecto no se espera contar con gran cantidad de clientes, ya que el servicio es para un mercado muy selecto y es un poco desconocido para el mercado. También basándose en los resultados de las encuestas la demanda de este servicio no es diaria, por lo tanto, se estima que para el primer año se va a tener aproximadamente 6 clientes importantes, aumentando este valor en un 10 % por los siguientes años. Se espera mantener el precio fijo en los primeros 3 años, con el fin de ganar la fidelidad de la clientela y luego aumentaría anualmente en un 5,74 %, tomando como referencia la variación anual promedio del Índice de Precios al Consumidor. (INEC, 2015)

La depreciación del equipo se determinó mediante la consulta a personas familiarizadas con la compra de equipo de alta tecnología, donde para un equipo como el XPS, la depreciación es de 6 %. Es importante notar que al final de su vida útil, los equipos se desechan como chatarra. Por otra parte, de acuerdo con Baca (2013) para el mantenimiento preventivo de los equipos, se puede considerar un valor de entre 5 % a 10 % al año, en este caso se utilizará un valor de 5 %.

Para el caso de los salarios, se estimó un aumento anual de un 2,5 %, tomando en cuenta los aumentos salariales históricos de los últimos cinco años para el sector privado. (INEC, 2015)

Con respecto a la materia prima se tomó en cuenta que aumentará en un 2 % anual basándose en un promedio de los históricos de inflación y en el comportamiento de los índices de precio al consumidor en los últimos cinco años (INEC, 2015). Para los servicios auxiliares (teléfono, internet, agua y electricidad), el aumento anual en este caso sería de 15 %, de acuerdo a los promedios de porcentaje de aumento definidos por la Asociación Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) durante los últimos cinco años (BCCR, 2015)

Finalmente, para alquiler se consideró un aumento de un 2,6 %, ya que, de acuerdo con la nueva Ley de Alquiler de Vivienda, el aumento en el alquiler deberá ser acorde con la inflación acumulada del año anterior (Ruiz , 2016)

Tomando como base el flujo de caja del Cuadro 12, se logró determinar que la inversión no se recuperará ni en 10 años, como lo muestra la Figura 9.

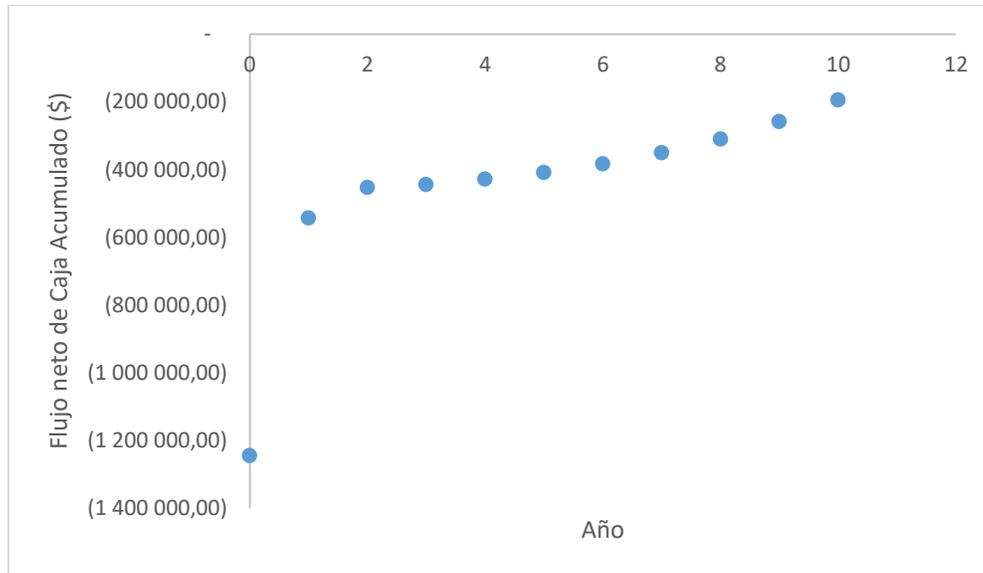


Figura 9. Recuperación de la inversión inicial

Cuadro 13. Flujo de caja a diez años en miles de dólares.

RUBRO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
EGRESOS (Miles de Dólares \$)											
Materia prima	28,28	28,85	29,42	30,01	30,61	31,22	31,85	32,48	33,13	33,80	2
Salarios	87	89,18	91,40	93,69	96,03	98,43	100,89	103,42	106,00	108,65	2,5
Depreciación equipos	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	Fijo
Servicios	4,2	4,83	5,55	6,39	7,35	8,45	9,71	11,17	12,85	14,78	15
Mantenimiento	8	8,40	8,82	9,26	9,72	10,21	10,72	11,26	11,82	12,41	5
Cuota préstamo	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	41,35	Fija
Alquiler	22,8	23,39	24,00	24,63	25,27	25,92	26,60	27,29	28,00	28,73	2,6
Total	257,6	262,0	266,6	271,3	276,3	281,6	287,1	293,0	299,2	305,7	
INGRESOS (Miles de Dólares \$)											
Ventas Netas	75	90	108	137	173	220	279	355	450	571	
Total	75	90	108	137	173	220	279	355	450	571	
Flujos netos (miles de dólares, \$)	-182,6	-172,0	-158,6	-134,3	-103,3	-61,6	-8,1	62,0	150,8	265,3	

5.6 Análisis de rentabilidad

Cuando se analiza el proceso de evaluación de proyectos comúnmente se relaciona al uso de indicadores de rentabilidad, usualmente el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), el Índice de Costo Beneficio (ICB) y en algunos casos se menciona al Valor Actual Neto Anual Equivalente (VANAE). (Baca , 2013)

El VAN es un indicador que muestra la riqueza adicional que genera un proyecto luego de cubrir todos sus costos en un horizonte determinado de tiempo. Un proyecto es viable si el VAN es mayor a cero, ya que indica que el proyecto presenta un beneficio en relación con el rendimiento medio. (Baca , 2013) Un VAN negativo no implica necesariamente que no se estén obteniendo beneficios, sino que evidencia por lo general, que no se están obteniendo beneficios o que estos no alcanzan a cubrir las expectativas del proyecto.

El TIR o Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Usualmente al tipo de interés se le llama Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y se dice que un proyecto es rentable cuando el TIR calculado es mayor al TMAR. Las tasas de ganancia recomendadas son: bajo riesgo 1 % a 10 %; riesgo medio 11 % a 20 %; riesgo alto, TMAR mayor a 20 % sin límite superior (Baca , 2013). En el caso de este proyecto, se eligió un TMAR de 15 % para protegerse de crisis económicas tomando en cuenta la devaluación que puede sufrir moneda y el impacto económico que podría darse si no se amortigua la situación fiscal, el aumento en el gasto, aumento de la deuda política y salidas de algunas empresas del país.

También dos medidas de rentabilidad que también son importantes son la comparación Costo-Beneficio (B/C), que muestra la relación entre la inversión realizada y el beneficio bruto generado, donde un índice B/C mayor a 1 indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado; y el VANAE, o Valor Actual Neto Anual Equivalente, que muestra el beneficio generado en términos anuales (Castañer , 2014)

Mediante el flujo de caja del Cuadro 13 se calcularon estos factores de rentabilidad antes mencionados, para un período de 10 años. Para este proyecto se definió un riesgo medio, con un TMAR igual a 15 % que dio como resultado en un VAN de \$ (3 319 648,31) y el valor del TIR no dio nada como resultado. Como se puede observar, el VAN es menor que cero por lo tanto el proyecto no es rentable, dato que se respalda con el TIR, ya que no dio ningún valor. Finalmente, el índice de costo-beneficio obtenido fue de \$ 3,67, lo que indica que por cada dólar invertido, se

genera esta cantidad de beneficio. Y el VANAE muestra que se obtiene una renta negativa de \$ 661 446,77 por año.

5.7 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es el procedimiento, por medio del cual se puede determinar cuánto se afecta (cuán sensible es) la TIR o VAN ante cambios en determinadas variables del proyecto (Baca , 2013).

Para este proyecto se cambiaron las variables que se consideran críticas, en incrementos graduales de un 5 % positivos y negativos (-15%, -10%, 5%, 15%, 10% y 5%). Es cada análisis se realizó variando sólo un factor y dejando las demás variables fijas con su valor actual.

En el Cuadro 14, se puede observar la diferencia que se dio en el VAN cuando las variables significativas del proyecto cambiaron al aumentarlas o disminuirlas. Como se observa, el precio del servicio y la cantidad de clientes, son las variables más sensibles a los cambios y hacen una diferencia notable en el VAN. Si la cantidad de clientes disminuye, con ello también disminuyen los ingresos del proyecto, lo cual baja la rentabilidad del proyecto, y la misma situación se da con el precio del servicio. En cambio, para el caso de la materia prima, los salarios y los servicios auxiliares el VAN es poco significativo y para lograr una diferencia grande, habría que utilizar porcentajes muy altos que no tendrían sentido para el proyecto.

Cuadro 14. Análisis de sensibilidad para el proyecto.

Cambio en el VAN de acuerdo con las distintas variables (\$)						
Porcentaje de variación		Salarios	Materia Prima	Servicios Auxiliares	Precio servicio	Cantidad Análisis
-15	\$	(3 224 697,29)	\$ (3 307 706,40)	\$ (3 315 010,32)	\$ (2 860 901,17)	\$ (4 079 914,61)
-10	\$	(3 256 347,63)	\$ (3 311 687,09)	\$ (3 316 556,31)	\$ (3 013 816,88)	\$ (4 007 087,28)
-5	\$	(3 287 997,97)	\$ (3 315 667,70)	\$ (3 318 102,31)	\$ (3 166 732,60)	\$ (3 909 374,53)
0	\$	(3 319 648,31)	\$ (3 319 648,31)	\$ (3 319 648,31)	\$ 3 319 648,31	\$ 3 319 648,31
5	\$	(3 351 298,65)	\$ (3 323 628,91)	\$ (3 321 194,30)	\$ (3 472 564,02)	\$ (3 603 689,71)
10	\$	(3 382 948,99)	\$ (3 327 609,52)	\$ (3 322 740,30)	\$ (3 625 479,73)	\$ (3 370 158,72)
15	\$	(3 414 599,33)	\$ (3 331 590,13)	\$ (3 324 286,30)	\$ (3 778 395,44)	\$ (3 061 260,47)

Estudio Adicional de Factibilidad

Para evaluar otro posible escenario de factibilidad, se realizó un estudio con las siguientes consideraciones diferentes al estudio anterior:

- Se utilizó el equipo mencionado en el Cuadro 5, **Thermo Scientific™ K- Alpha +™**, ya que su precio es más accesible que el de marca Specs.
- El lugar que se contempló para la instalación del laboratorio sería para este caso un Centro de Investigación de la Universidad de Costa Rica, al considerar que ya tendrían el espacio adecuado para la instalación del mismo.
- Se eliminó el valor asociado a servicios auxiliares, salarios de los trabajadores y alquiler del terreno, ya que todos estos recursos se solventarían con los recursos de la Universidad de Costa Rica.

Inversión Total de Capital:

En el Cuadro 15, se puede observar los datos que forman parte del capital de trabajo. Por otra parte, el costo de la intercomparación, la auditoría interna y la contratación del experto técnico se consideraron y obtuvieron de acuerdo con la información proporcionada en una reunión con una auditora del LACOMET (Profesora Paula Solano), así como la investigación en medios electrónicos.

Cuadro 15. Inversión total de capital.

Inversión en activos fijos	Monto (\$)
Edificio \$7,60 m ² /mes en Zona Franca (Edificio de 250 m ²)	0
Muebles de oficina	0
Equipo XPS	443 958,92
Total activos fijos	443 958,92
Inversiones diferidas	
Acreditación del ECA	10 000,00
Intercomparación laboratorios	3 000,00
Auditoría interna	3 000,00
Experto Técnico para acreditación con ECA	4 375,00
Capital de trabajo	
Materia prima y materiales	28 280,00
Servicios	4 263,04
Salarios	0
Total capital de trabajo	32 543,04
Inversión total	496 876,96

Financiamiento

De igual manera que el estudio de factibilidad anterior, el 100 % del proyecto se financiará con un crédito otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo con un plazo de 10 años, y una tasa de interés del 3,25 % (Parot, 2015).

El préstamo se solicitará por un valor de \$ 496 877,00 con una cuota mensual de \$ 16 503,95. Debido a que los ingresos del negocio se recibirán en dólares y el BID también presta en esta moneda, el préstamo se solicitará en dólares.

En el Cuadro 16, se muestra el resumen de las cuotas anuales que se deben cancelar, tomando en cuenta que la cuota es fija.

Cuadro 16. Resumen del préstamo bancario.

Año	Intereses (\$)	Amortización (\$)	Balance (\$)
1	192 930,61	5 116,83	491 760,17
2	190 536,71	7 510,72	484 249,45
3	187 022,85	11 024,59	473 224,86
4	181 865,03	16 182,41	457 042,45
5	174 294,14	23 753,30	433 289,15
6	163 181,24	34 866,20	398 422,95
7	146 869,20	51 178,24	347 244,71
8	122 925,62	75 121,82	272 122,89
9	87 780,12	110 267,32	161 855,53
10	36 191,91	161 855, 53	0
Total	1 483 597, 00	496 877,00	

Flujo de caja y recuperación de la inversión

El en Cuadro 17, muestra con detalle el balance de flujo de caja para 10 años de proyecto con los porcentajes de aumentos anuales utilizados para cada rubro. Se realizó el flujo de caja con una inversión inicial de \$ 496 877,00.

Se estima que para el primer año se va a tener aproximadamente 6 clientes importantes, aumentando este valor en un 10 % por los siguientes años. Se espera mantener el precio fijo en los primeros 3 años, con el fin de ganar la fidelidad de la clientela y luego aumentaría anualmente en un 5,74 %, tomando como referencia la variación anual promedio del Índice de Precios al Consumidor. (INEC, 2015)

Tomando como base el flujo de caja del Cuadro 17, se logró determinar que la inversión se recuperará al cabo de 8 años, como lo muestra la Figura 10.

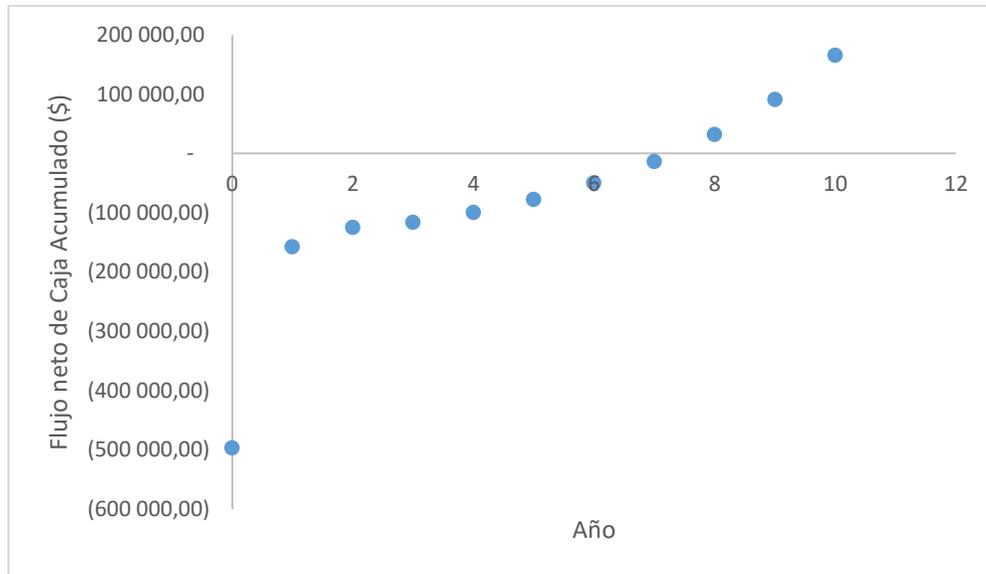


Figura 10. Recuperación de la inversión inicial

Cuadro 17. Flujo de caja a diez años en miles de dólares.

RUBRO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
EGRESOS (Miles de Dólares \$)											
Materia prima	28,28	28,85	29,42	30,01	30,61	31,22	31,85	32,48	33,13	33,80	2
Salarios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
Depreciación equipos	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	Fijo
Servicios	4,2	4,83	5,55	6,39	7,35	8,45	9,71	11,17	12,85	14,78	15
Mantenimiento	8	8,40	8,82	9,26	9,72	10,21	10,72	11,26	11,82	12,41	5
Cuota préstamo	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	Fija
Alquiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6
Total	83,6	85,2	86,9	88,8	90,8	93,0	95,4	98	100,9	104,1	
INGRESOS (Miles de Dólares \$)											
Ventas Netas	75	90	108	137	173	220	279	355	450	571	5,74 % del año 4
Total	75	90	108	137	173	220	279	355	450	571	
Flujos netos (miles de dólares, \$)	-8,6	4,8	21,1	48,2	82,2	127,0	183,6	257,0	349,1	466,9	

Análisis de rentabilidad

Mediante el flujo de caja del Cuadro 17, se calcularon estos factores de rentabilidad antes mencionados, para un período de 10 años. Para este proyecto se definió un riesgo medio, con un TMAR igual a 15 % que dio como resultado en un VAN de \$ (848 865,71) y el valor del TIR dio como resultado -17 %. Como se puede observar, el VAN es menor que cero por lo tanto el proyecto no es rentable, pero esto puede ser que los beneficios que se están obteniendo no cubren las expectativas del proyecto, no que del todo que no se están obteniendo beneficios, en cuánto al TIR este dio negativo y está un poco lejos del valor elegido de TMAR para protección contra crisis económicas para empresas con riesgo medio. Finalmente, el índice de costo-beneficio obtenido fue de \$ 2,71, lo que indica, que por cada dólar invertido, se genera esta cantidad de beneficio. Y el VANAE muestra que se obtiene una renta negativa de \$ 169 138,24 por año.

Cuadro 18. Análisis de sensibilidad para el proyecto

% variacion	Servicios Auxiliares	Materia Prima	Precio servicio	Cantidad de servicios
-15	\$ (844.227,72)	\$ (836.923,89)	\$ (973.478,05)	\$ (931.869,32)
-10	\$ (845.773,71)	\$ (840.904,50)	\$ (931.940,60)	\$ (904.201,45)
-5	\$ (847.319,71)	\$ (844.885,10)	\$ (890.403,16)	\$ (876.533,58)
0	\$ (848.864,71)	\$ (848.864,71)	\$ (848.864,71)	\$ (848.864,71)
5	\$ (850.411,71)	\$ (852.846,32)	\$ (807.328,26)	\$ (821.197,84)
10	\$ (851.957,70)	\$ (856.826,92)	\$ (765.790,82)	\$ (793.529,96)
15	\$ (853.503,70)	\$ (860.807,53)	\$ (724.253,37)	\$ (765.862,09)

6 NORMATIVA

La industria de los dispositivos médicos es uno de los sectores más regulados. Se deben satisfacer sistemas de calidad y requerimientos de producto significativos para asegurar que los dispositivos producidos sean adecuados para su propósito. De ahí la gran importancia de las acreditaciones, ya que son la respuesta a las crecientes exigencias de garantías requeridas por el mercado, tanto a nivel de la industria como del consumidor final. Los organismos de acreditación, como el Ente Costarricense de Acreditación (ECA), desempeñan su tarea conforme a los mismos criterios internacionales, utilizando métodos de evaluación equivalentes y transparentes. La acreditación, garantiza que los OEC (Laboratorios de ensayos, calibración, unidades de inspección y organismos de certificación), de distintos países desempeñan su tarea de manera equivalente, generando la adecuada confianza que posibilita la aceptación mutua de resultados. (ECA, Ente Costarricense de Acreditación, 2017)

Dentro de las normas internacionales de certificación que requieren las organizaciones involucradas en una o más etapas del ciclo de la vida de los dispositivos médicos están:

- **ISO-13485:** especifica los requisitos para un Sistema de gestión de la calidad (SGC), en el que una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar dispositivos médicos y servicios relacionados que cumplan consistentemente con el cliente y los requisitos reglamentarios aplicables. (ISO, 2018)
- **ISO/ IEC 17025:2005:** especifica los requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo o calibración, cubre las pruebas y la calibración realizadas utilizando métodos estándar, métodos no estándar y métodos desarrollados en el laboratorio. (ISO, 2018)

6.1 ISO 17025 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración)

La norma ISO 17025, se ha desarrollado con el objetivo de promover la confianza en la operación de los laboratorios. Este documento contiene requisitos que permiten a los laboratorios demostrar que operan de forma competente y que tienen la capacidad de generar resultados válidos. (INTECO, 2017)

6.1.1 Requisitos de Personal

- El personal del laboratorio debe ser competente y trabajar de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.
- El laboratorio debe tener procedimientos y conservar registros para:
 - a) Determinar los requisitos de competencia
 - b) Seleccionar al personal
 - c) Formar al personal
 - d) Supervisar al personal
 - e) Autorizar al personal
 - f) Realizar el seguimiento de la competencia del personal (INTECO, 2017)

6.1.2 Instalaciones y condiciones ambientales

- Las instalaciones y las condiciones ambientales deben ser adecuadas para las actividades del laboratorio y no deben afectar adversamente a la validez de los resultados, por situaciones como por ejemplo; contaminación microbiana, polvo, perturbaciones electromagnéticas, radiación, humedad, suministro eléctrico, temperatura, sonido y vibración.
- Se deben documentar los requisitos para las instalaciones y las condiciones ambientales necesarias para realizar las actividades de laboratorio, así como realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales de acuerdo con las especificaciones, los métodos o procedimientos pertinentes, o cuando influyen en la validez de los resultados. (INTECO, 2017)

6.1.3 Equipamiento

- El laboratorio debe tener acceso al equipamiento (incluidos pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares) que se requiere para el correcto desempeño de las actividades de laboratorio y que pueden influir en los resultados.

- El laboratorio debe contar con un procedimiento para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado del equipamiento para asegurar el funcionamiento apropiado y con el fin de prevenir contaminación o deterioro.
- El equipo utilizado para medición debe ser capaz de lograr la exactitud de la medición y/o la incertidumbre de medición requeridas para proporcionar un resultado válido.
- El laboratorio debe establecer un programa de calibración, el cual se debe revisar y ajustar según sea necesario, para mantener la confianza en el estado de la calibración.
- Cuando sean necesarias comprobaciones intermedias para mantener confianza en el desempeño del equipo, estas comprobaciones se deben llevar a cabo de acuerdo con un procedimiento.
- Se deben conservar registros de los equipos que pueden influir en las actividades del laboratorio. Los registros deben incluir, al menos, la identificación del equipo, incluida la versión del software y del firmware; el nombre del fabricante, la identificación del tipo y el número de serie u otra identificación única, la evidencia de la verificación de que el equipo cumple los requisitos especificados; la ubicación actual; las fechas de la calibración, los resultados de las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación y la fecha de la próxima calibración o el intervalo de calibración; la documentación de los materiales de referencia, los resultados, los criterios de aceptación, las fechas pertinentes y el período de validez, el plan de mantenimiento y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha, cuando sea pertinente para el desempeño del equipo, los detalles de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación realizada al equipo. (INTECO, 2017)

6.1.4 Trazabilidad metrológica

- El laboratorio debe establecer y mantener la trazabilidad metrológica de los resultados de sus mediciones por medio de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición, vinculándolos con la referencia apropiada.

- El laboratorio debe asegurarse de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante: la calibración proporcionada por un laboratorio competente; o los valores certificados de materiales de referencia certificados proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI; o la realización directa de unidades del SI aseguradas por comparación, directa o indirecta, con patrones nacionales o internacionales. (INTECO, 2017)

6.1.5 Productos y servicios suministrados externamente

- Los productos pueden incluir, por ejemplo, patrones y equipos de medición, equipos auxiliares, materiales consumibles y materiales de referencia, mientras que los servicios pueden incluir, por ejemplo, servicios de calibración, servicios de muestreo, servicios de ensayo, servicios de mantenimiento de instalaciones y equipos, servicios de ensayos de aptitud, y servicios de evaluación y de auditoría. (INTECO, 2017)

6.1.6 Requisitos del proceso

- Cuando el cliente solicite una declaración de conformidad con una especificación o norma para el ensayo o calibración (por ejemplo, pasa/no pasa, dentro de tolerancia/fuera de tolerancia), se deben definir claramente la especificación o la norma y la regla de decisión. La regla de decisión seleccionada se debe comunicar y acordar con el cliente, a menos que sea inherente a la especificación o a la norma solicitada.
- El laboratorio debe cooperar con los clientes o con sus representantes para aclarar las solicitudes de los clientes y realizar seguimiento del desempeño del laboratorio en relación con el trabajo realizado. Esta cooperación puede incluir: proporcionar acceso razonable a las áreas pertinentes del laboratorio para presenciar actividades de laboratorio específicas del cliente; preparar, embalar y enviar ítems que necesita el cliente para propósitos de verificación.

6.1.7 Validación de los métodos

- El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos desarrollados por el laboratorio y los métodos normalizados utilizados fuera de su alcance previsto, o modificados de otra forma.

- Las técnicas utilizadas para la validación del método pueden ser:
 - a) la calibración o evaluación del sesgo y precisión utilizando patrones de referencia o materiales de referencia;
 - b) una evaluación sistemática de los factores que influyen en el resultado;
 - c) la robustez del método de ensayo a través de la variación de parámetros controlados, tales como la temperatura de la incubadora, el volumen suministrado;
 - d) la comparación de los resultados obtenidos con otros métodos validados;
 - e) las comparaciones interlaboratorio;
 - f) la evaluación de la incertidumbre de medición de los resultados basada en la comprensión de los principios teóricos de los métodos y en la experiencia práctica del desempeño del método de muestreo o ensayo. (INTECO, 2017)

6.1.8 Muestreo

- El laboratorio debe tener un plan y un método de muestreo cuando realiza el muestreo de sustancias, materiales o productos para el subsiguiente ensayo o calibración. El método de muestreo debe considerar los factores a controlar, para asegurar la validez de los resultados del subsiguiente ensayo o calibración. El plan y el método de muestreo deben estar disponibles en el sitio donde se lleva a cabo el muestreo. Siempre que sea razonable, los planes de muestreo deben basarse en métodos estadísticos apropiados. (INTECO, 2017)

6.1.9 Evaluación de la incertidumbre de medición

- Los laboratorios deben identificar las contribuciones a la incertidumbre de medición. Cuando se evalúa la incertidumbre de medición, se deben tener en cuenta todas las contribuciones que son significativas, incluidas aquellas que surgen del muestreo, utilizando los métodos apropiados de análisis. (INTECO, 2017)

6.1.10 Aseguramiento de la validez de los resultados

- El laboratorio debe contar con un procedimiento para hacer el seguimiento de la validez de los resultados. Los datos resultantes se deben registrar de manera que las tendencias sean detectables y cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados.
- El laboratorio debe hacer seguimiento de su desempeño mediante comparación con los resultados de otros laboratorios, cuando estén disponibles y sean apropiados. Este seguimiento se debe planificar y revisar y debe incluir, pero no limitarse a, una o ambas de las siguientes: participación en ensayos de aptitud; participación en comparaciones interlaboratorio diferentes de ensayos de aptitud. (INTECO, 2017)

6.1.11 Informe de resultados

- Los resultados se deben suministrar de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva, usualmente en un informe (por ejemplo, un informe de ensayo o un certificado de calibración o informe de muestreo), y deben incluir toda la información acordada con el cliente y la necesaria para la interpretación de los resultados y toda la información exigida en el método utilizado. Todos los informes emitidos se deben conservar como registros técnicos. (INTECO, 2017)

6.2 Políticas que deben cumplir los laboratorios de ensayo

Los laboratorios de ensayo deben cumplir con 4 políticas:

6.2.1 Política de Trazabilidad:

Requisitos de trazabilidad para laboratorios de ensayos:

- Si el aporte proveniente de la calibración de los instrumentos no contribuye significativamente a la incertidumbre total del resultado del ensayo, el laboratorio debe tener evidencia cuantitativa para demostrar que la contribución asociada a la calibración de los instrumentos contribuye poco (no significativamente) a los resultados de medición y a la

incertidumbre de medición del ensayo y por tanto la trazabilidad no requiere ser demostrada.

El término “no aporta significativamente” quiere decir que el Organismo de evaluación de la conformidad (OEC) debe demostrar que la incertidumbre, en este caso de calibración del equipo o equipos, no aporta en el presupuesto de Incertidumbre de la medición o calibración.

- Cuando la trazabilidad de los equipos de medida, utilizados en los ensayos, a las unidades del SI no sea posible, el laboratorio de ensayo, para demostrar su trazabilidad, debe utilizar una de las siguientes opciones:

Utilizar Materiales de Referencia Certificados, provistos por un proveedor competente.

Utilizar métodos de ensayo acordados, normas de referencia o de consenso.

Se requiere la evidencia de participación satisfactoria en programas interlaboratoriales, siempre que sea posible, cuando se utilicen las opciones anteriores.

Documentación:

Cada paso de la cadena debe ser ejecutado de acuerdo con procedimientos documentados y reconocidos o aceptados internacionalmente, los resultados deben ser registrados de tal forma que puedan ser verificados. Los laboratorios de ensayo, laboratorios clínicos, organismos de inspección (cuando aplique) y organismos de certificación (cuando aplique), deben tener registros identificados para evidenciar la trazabilidad de las mediciones que realicen.

Competencia

Los organismos de evaluación de la conformidad que realizan uno o más pasos en la cadena deben proporcionar evidencia de su competencia técnica, mediante su acreditación vigente u otros mecanismos establecidos en esta política.

Recalibraciones (Intervalos de Calibración)

Con el objetivo de mantener la trazabilidad de las mediciones, las calibraciones de los equipos de medición y los patrones de referencia se deben realizar con una frecuencia tal que asegure que la incertidumbre declarada del patrón no se degrada en un tiempo determinado. Esta frecuencia depende de aspectos tales como: incertidumbre requerida, frecuencia de uso, forma de uso, estabilidad del equipo, recomendaciones del fabricante, desempeño mecánico del equipo, entre otros.

Para una mejor referencia en lo que respecta a la calibración de los equipos de medición, puede consultarse la guía de ILAC sobre la determinación de los intervalos de calibración para equipos de medición ILAC-G24:2007. (ECA, Política de Trazabilidad , 2017)

6.2.2 Política de Validación de métodos:

Es responsabilidad del laboratorio utilizar los métodos apropiados para el propósito, según el alcance requerido. Estos métodos pueden ser normalizados, normalizados con modificaciones, no normalizados o desarrollados por el propio laboratorio. (ECA, 2014)

El laboratorio, de común acuerdo con el cliente, puede seleccionar los métodos utilizando su propio criterio o utilizar aquellos métodos normalizados vigentes en el país.

Para la validación de cualquier tipo de método, el laboratorio debe utilizar un procedimiento de validación y elaborar un informe cuyo contenido debe cumplir, como mínimo, con lo indicado en la Guía de Validación de ECA-MC-PO01-G01.

Los laboratorios de ensayos y clínicos, que utilizan métodos normalizados, sin ninguna modificación, para los que se declara parámetros de desempeño, no requieren realizar una validación exhaustiva de sus métodos, sin embargo, deberán realizar una verificación de la validación, esto implica, demostrar mediante examen que la aplicación que realizan del método con su equipo, personal, condiciones ambientales, entre otros, les permite alcanzar los mismos niveles de excelencia que los declarados en el método normalizado.

Los laboratorios que trabajan con métodos normalizados deben:

- a) Aplicar el procedimiento normalizado tal cual se describe sin ningún cambio.
- b) Realizar una verificación de su método, garantizando que controlan todas las variables de influencia al nivel requerido por la norma que utilizan (tanto desde el punto de vista documental como práctico).
- c) Evaluar los parámetros de desempeño que son declarados en el método normalizado y demostrar estadísticamente que son capaces de alcanzar esos niveles o niveles mejores. (ECA, 2014)

Validación de los Métodos de Ensayo comerciales (Sets de análisis)

Los laboratorios deben conservar los datos y registros pertinentes sobre la validación de los sistemas de ensayo comerciales que utilicen, de preferencia remitidos por los fabricantes.

En caso de no contar con los datos del fabricante, o no disponer de datos sobre validación generados por otra fuente, o si éstos no son plenamente aplicables, el laboratorio deberá desarrollar un procedimiento para calcular y evaluar los parámetros de desempeño necesarios para asegurar la confiabilidad del sistema de ensayo comercial.

Una forma común de validar este tipo de métodos es mediante comparaciones interlaboratoriales.

El laboratorio que implementa un método analítico comercial es responsable de verificar su desempeño contra las especificaciones de la validación, tanto antes de ponerlo en uso como durante su utilización rutinaria, para demostrar que lo domina, usa correctamente y se mantiene bajo las especificaciones dadas por el fabricante. (ECA, 2014)

Informe de Validación de un Método

Cada validación o verificación, debe ir acompañada de un informe. El mismo debe ser preparado, revisado y aprobado por personal calificado. El Informe de validación deben incluir, como mínimo, los puntos indicados en el apartado 3.1.2.1 de la guía de Validación de Métodos (ECA-MC-PO01-G01). (ECA, 2014)

6.2.3 Política de incertidumbres:

El objetivo de esta política es establecer los lineamientos que deben cumplir los laboratorios de ensayo, laboratorios clínicos y laboratorios de calibración, con respecto a la expresión de la incertidumbre de las mediciones. (ECA, Política de Incertidumbres , 2014)

El conocimiento y la expresión de la incertidumbre de mediciones constituyen una parte indisoluble de los resultados de las mediciones. Es un elemento indispensable de la trazabilidad de las mediciones. Es requerida también en la verificación de conformidad con especificaciones demostrables mediante resultados de mediciones.

Criterios para laboratorios de ensayo:

Los laboratorios de ensayo deben poseer y aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de medición asociada con los resultados de los ensayos o mediciones que realicen. Así mismo, esta información debe estar disponible y ser lo suficientemente clara para los usuarios.

Las fuentes que contribuyen a la incertidumbre incluyen, pero no se limitan necesariamente, a los patrones de referencia y los materiales de referencia utilizados, los métodos y equipos utilizados, las condiciones ambientales, las propiedades y la condición del ítem sometido al ensayo y el operador.

El grado de rigor requerido en una estimación de la incertidumbre de la medición depende de factores tales como:

- a. los requisitos del método de ensayo;
- b. los requisitos del cliente;
- c. la existencia de límites estrechos en los que se basan las decisiones sobre la conformidad con una especificación.

Para los ensayos que por sus características no se pueda estimar la incertidumbre, el Laboratorio debe contar con procedimientos implementados para mantener bajo control todas las variables de influencia.

Los laboratorios de ensayo deben mantener evidencia documentada que soporte sus declaraciones de incertidumbre, que incluya:

- a. Memoria de cálculo.
- b. Datos.
- c. Procedimiento de estimación de la incertidumbre.
- d. Demostración de la validez de los resultados de estimación de la incertidumbre. (ECA, Política de Incertidumbres , 2014)

6.2.4 Política de intercomparaciones laborales:

Los ejercicios de intercomparación ayudan a los laboratorios a mejorar la calidad de sus servicios al incidir en los aspectos básicos de su competencia técnica como son sus recursos humanos, sus equipos y sus métodos de trabajo. Proporcionan una valoración independiente de los datos del

laboratorio, comparados con valores de referencia o con el desempeño de laboratorios similares, aportando a la Dirección la confirmación de que los aspectos técnicos de sus servicios son satisfactorios o alertando sobre la necesidad de investigar problemas potenciales dentro del laboratorio. (ENAC, 2017)

El propósito del MLA (Acuerdo de Reconocimiento Multilateral), es asegurar la aceptación de los informes de ensayo, certificados de calibración y certificados de inspección para aquellas actividades incluidas en los respectivos alcances de acreditación; esto se logra solamente cuando los organismos de acreditación puedan demostrar que proveen un servicio de acreditación equivalente lo cual es asegurado a través de las evaluaciones pares de las diferentes cooperaciones. (ECA, 2017)

7 IDEA DE NEGOCIO/ AUGE

Auge es la Agencia Universitaria para la Gestión del Emprendimiento de la Universidad de Costa Rica. Son una unidad especializada en la creación y aceleración de empresas y entidades intensivas en conocimiento, adscrita a la Vicerrectoría de Investigación, con el apoyo financiero y logístico de Fundación UCR. (AUGE, 2018)

Este proyecto, se inscribió en Auge con el propósito de proponer una idea de negocio junto con la investigación técnica, mediante una gestión práctica e innovadora, fundamentada en la colaboración, el acompañamiento y las alianzas.

Auge cuenta con 4 fases azul (descubrir), amarilla (definir), verde (crear) y roja (escalar).

El alcance del proyecto, por el factor tiempo se van a culminar únicamente las fases azul y amarilla.

7.1 Fase azul

La fase azul del programa de emprendimiento de Auge consistió en un taller de un mes, en el cual se desarrollaron varios temas, principalmente los principios del método Lean Startup, así como varias herramientas comúnmente utilizadas para comprender con mayor profundidad las necesidades del cliente, que permiten evaluar si el proyecto propuesto realmente tiene potencial para emprender. Con estos recursos, se realiza una validación rápida y sencilla que permite aclarar la idea, disminuir la incertidumbre respecto a la posible aceptación del producto o servicio propuesto. Se enfocan en el problema y no en la solución. Después de completada la fase azul se toma la decisión de postularla a la siguiente etapa, la fase amarilla.

7.7.1 Herramientas utilizadas

Método Lean Startup

Un startup es una empresa en su etapa temprana, con un gran potencial de crecimiento.

Los startups tienen como objetivo: crear un negocio próspero que cambie el mundo. Este objetivo puede verse como la “visión” del startup. Para realizar esta misión, los startups emplean una “estrategia”, que incluye un modelo de negocio, un mapa de productos, un enfoque relativo a los socios y los competidores e ideas sobre quiénes serán los consumidores. De vez en cuando, la estrategia debe cambiar (pivotar). Sin embargo, la visión general no suele cambiar. El “producto” es el resultado final de esta estrategia.

En la Figura 10 se observa el esquema que explica esta metodología.

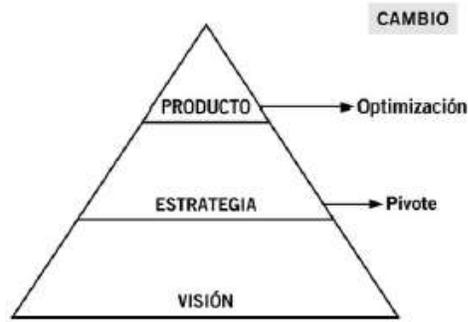


Figura 10. Metodología de trabajo de los startups (Ries, 2011)

El método Lean Startup toma su nombre de la revolución del Lean Manufacturing que Taiichi Ohno y Shigeo Shingo desarrollaron en Toyota. El pensamiento Lean altera radicalmente la forma de organizar las cadenas de oferta y los sistemas de producción. Entre sus principios están el diseño del conocimiento y la creatividad de los trabajadores, la reducción de las dimensiones de los lotes, la producción just-in-time y el control de inventarios, y la “aceleración del tiempo del ciclo”. Enseña al mundo la diferencia entre las actividades que crean valor y el derroche, y muestra cómo incorporar calidad a los productos (Ries, 2011).

Por lo tanto, el método Lean Startup es una nueva forma de ver el desarrollo de productos innovadores que enfatiza la rápida iteración y la comprensión de los consumidores, una enorme visión y una gran ambición, todo al mismo tiempo.

Erick Ries en su libro Lean Startup (2011) indica que existen cinco principios del método, los cuales son:

1. **Los emprendedores están en todas partes:** emprendedor incluye a todo aquel que trabaje dentro de un startup, que viene siendo una institución humana diseñada para crear nuevos productos y servicios en unas condiciones de incertidumbre extrema. Esto significa que los emprendedores están en todas partes y que el enfoque del método Lean Startup puede funcionar con empresas de cualquier tamaño, incluso en compañías muy grandes, de cualquier sector o actividad.
2. **El espíritu emprendedor es management:** Un startup es una institución, no sólo un producto y, por lo tanto, requiere un nuevo tipo de gestión específicamente orientado a este contexto de incertidumbre extrema.

3. **Aprendizaje validado:** Los startups no sólo existen para producir cosas, ganar dinero o atender a los consumidores. Existen para “aprender” cómo crear negocios sostenibles. Este conocimiento puede orientarse científicamente llevando a cabo experimentos frecuentes que permitan a los emprendedores probar todos los elementos de su idea.
4. **Crear-Medir-Aprender:** La actividad fundamental de un startup es convertir ideas en productos, medir cómo responden los consumidores y aprender cuándo pivotar o perseverar. Todos los procesos de creación de startups exitosas deberían orientarse a acelerar este circuito de retroalimentación.
5. **Contabilidad de la innovación:** Para mejorar los resultados empresariales y contabilizar la innovación es necesario centrarse en los aspectos aburridos: cómo medimos el progreso, cómo establecemos hitos, cómo priorizamos tareas. Esto requiere un nuevo tipo de contabilidad diseñada para startups, y para aquellos a los que rinden cuentas.

Herramienta de los Cinco ¿Por qué?

Fue creada por Sakichi Toyota para el fabricante de Vehículos japonesa Toyota como una herramienta para sus metodologías de producción masiva. Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Consiste en la exploración de un problema por medio de la Causa-efecto repitiendo cinco veces la pregunta ¿por qué?, trabajando así a través de cinco niveles de detalle (Morais, 2013).

A continuación, podemos observar los Cinco ¿Por qué? que salieron de realizar el ejercicio en la fase azul:

Problema que resuelve el proyecto: Brindar servicios de caracterización superficial mediante espectroscopia XPS a las empresas de dispositivos médicos.

5 ¿Por qué?:

1. Por qué en Costa Rica no se encuentra el equipo XPS

2. Por qué hay pocos expertos en el tema de caracterización superficial por espectroscopia XPS.
3. Por qué hay técnicas de caracterización superficial que no arrojan el resultado que brinda XPS.
4. Por qué las empresas de dispositivos médicos no tienen al alcance la técnica para resolver problemas de materiales.
5. Por qué las Universidades estatales no poseen de la técnica para preparar académicamente a los estudiantes e investigadores.

Pitch

“Elevator speech” o “Elevator pitch”, “Discurso de ascensor”, es un método para transmitir un mensaje a una persona en el tiempo que vendría a durar un trayecto de ascensor; un mensaje breve, claro y que despierte curiosidad. Se trata de un resumen o pequeña sinopsis que da una visión clara y concisa de una empresa, de un servicio o de un producto, y que tiene el objetivo de interesar al interlocutor para conseguir una entrevista o reunión. Por tanto, no es un argumento de venta, sino más bien una conversación que generará, si se ha conseguido captar la atención del interlocutor, una reunión más larga donde se tendrá que argumentar y explicar con más detalle el negocio (Frank, 2012).

Consejos generales:

- Preparar el discurso con una duración de un minuto (alrededor de 200 palabras).
- Base: autoconocimiento.
- Fuerte apertura.
- Postura energética: hablar claro.
- ¿Quién eres tú? ¿Qué representas? ¿Cuál es tu fuerza? ¿Cuál es su "punto de venta único"?
- Mantener la autenticidad.
- Ser realista.
- Adaptarse a la situación.
- Prepárese bien: un lanzamiento mal preparado arruinará sus posibilidades.
- Practicar, practicar, practicar, pero mantenerlo natural.
- Si es posible, termine su tono con una cita de seguimiento.

7.2 Fase Amarilla

Esta fase tiene una modalidad mixta entre virtual y presencial. Al culminar esta fase, se habrá definido un plan de implementación para el proyecto emprendedor y con esto se podrá solicitar ingreso a la fase verde de Auge.

Logros de la fase:

- Obtener herramientas para definir un modelo de negocios, al identificar el segmento de mercado, la propuesta de valor, estrategia de creación de los clientes y un modelo de ganancias o sostenibilidad.
- Desarrollar un prototipo que le permita poner a prueba las hipótesis principales de la propuesta de valor.
- Confrontar producto mínimo viable con los clientes potenciales.

7.2.1 Módulo 1 (Equipo emprendedor)

Test de Roles:

En AUGE utilizan el test de roles propuesto por Gerar J. Puccio doctor en Psicología Organizacional y actual director del Centro Internacional de Estudios de la Creatividad. Esta herramienta permitirá reconocer cuál es nuestro papel dentro del equipo emprendedor y a su vez, identificar cual es el tipo de personas que podrían complementar el proyecto.

En la plataforma de Auge se encuentra una plantilla, donde se marca las respuestas y revisa el resultado. Luego se compara el resultado con el documento que permite interpretar nuestro rol. Dentro de los perfiles base se encuentran: Clarificador, Generador, Desarrollador e Implementador.

Al llenar la plantilla que se encuentra en el Anexo 3, se obtiene como resultado que mi rol dentro del proyecto es de “analizador”, este es como resultado de la combinación de Clarificador y Desarrollador. Los analistas exploran los problemas. Tienen un don para pensar crítica y profundamente las situaciones; las evalúan y trabajan en los detalles. Su enfoque es muy científico y calculador. Ellos quieren asegurarse, que los problemas sean bien solucionados. Los analistas trabajan muy bien con los con los implementadores y los generadores.

El equipo requerido:

En este apartado se trabajó en una descripción del perfil técnico de las personas que serían deseables para el equipo emprendedor, considerando tanto a los colaboradores que ya son parte del proyecto, como los que eventualmente se consideran necesarios se unan.

Se analizaron requerimientos en términos de competencias técnicas, competencias empresariales y según los perfiles del test de roles que se mencionó anteriormente. En el Cuadro 15, se observan los perfiles escogidos para formar parte del equipo emprendedor. En el Anexo 4, se puede observar la plantilla completa de Auge.

Cuadro 15. Perfiles necesarios para el equipo emprendedor.

Formación/ Experiencia	Habilidades	Rol Deseable
Ingeniero con experiencia en el área de espectroscopia XPS	Serio, Organizado, Precavido, Realista, Ordenado	Implementador, finalizador
Experiencia en administración de negociaciones o evaluación de proyectos	Serio, Planificador, Precavido, Decisivo, Realista, Ordenado	Desarrollador
Formación en el área de I + D, calidad o materiales de diferentes empresas de dispositivos médicos	Imaginativo, Orientado a la acción, Serio	Optimista

Atrayendo talento:

Es necesario desarrollar la capacidad de comunicar y persuadir a los otros sobre el valor de nuestro proyecto. Todo esto se ve relacionado con rasgos de liderazgo, al igual como desarrollar un pitch (discurso) para vender nuestra idea a un cliente, también es necesario desarrollar un pitch dirigido a la búsqueda de socios, aliados y colaboradores.

En esta sesión se elaboró un discurso orientado a persuadir potenciales colaboradores o aliados para el proyecto de emprendimiento. En este caso no se trata de vender ni explicar el producto. Se centra en reconocer quienes comparten mi visión e inspirarlos a ser parte de un cambio.

7.2.2 Módulo 2 (Descubrimiento del Cliente)

Definición de segmentos:

La segmentación de mercado permite enfocar el emprendimiento. Esto es una etapa clave para valorar las características de nuestro producto y la imagen que se quiere proyectar. Una buena segmentación debe pensarse de varias dimensiones: demográficas, psicológicas, educativas, económicas y el trabajo por hacer deseado.

Los segmentos de mercado mapeados para el proyecto de espectroscopia XPS, a partir de la plantilla utilizada en Auge son:

- Empresas de Dispositivos Médicos con XPS al alcance en el extranjero.
- Empresas de Dispositivos médicos sin XPS, pero con otros equipos alternativos para caracterización superficial.
- Laboratorios o Centros de Investigación de Universidades.
- Empresas de manufactura avanzada (Semiconductores y celdas solares)

En el Anexo 5, se puede observar la plantilla completa con todos los segmentos posibles que giran alrededor del problema que ataca el emprendimiento. Así como el detalle del usuario final, aplicación, ventajas, clientes referentes, características de mercado, socios, entre otros, de cada segmento.

Selección de segmento y perfil de cliente inicial:

Una vez identificados todos los segmentos, es necesario seleccionar el que se considera más adecuado para iniciar el proyecto. Es importante considerar que el segmento seleccionado sea el que contenga personas o empresas entusiastas de probar y utilizar soluciones como la nuestra.

Se utilizó una plantilla (mapa de empatía), para personificarlo, darle un nombre y mencionar las características que mejor representan ese segmento. Imaginando estar en los zapatos de esa persona.

Como resultado de la plantilla se determinó, que el perfil del cliente inicial, van a ser Ingenieros del área de materiales, I + D, laboratorio de química o del área de calidad, de las empresas de

dispositivos. Las partes que componen el mapa de empatía se pueden ver más en detalle en el Anexo 6.

Estimación del tamaño de mercado:

Este es fundamental para valorar si realmente estamos ante una oportunidad de negocio o proyecto con impacto. El tamaño de mercado tiene 2 perspectivas. La primera es si hemos seleccionado un segmento de mercado lo suficientemente interesante como para introducir nuestro producto, y la otra es si a mediano plazo tiene el potencial de escalabilidad que cumpla con nuestras expectativas de rentabilidad.

En la plantilla de tamaño de mercado, se considera un supuesto fundamental para valorar la viabilidad del emprendimiento. La idea es tener algunos datos duros que permitan dimensionar la oportunidad de negocio o el alcance del proyecto. Se deben tener los datos respecto a Tamaño Total de Mercado, Tamaño de Mercado Disponible y Tamaño del Mercado Meta.

En el Anexo 7, se puede observar la estimación del tamaño de mercado de los dispositivos médicos en Costa Rica. Por ejemplo, en el 2016 Boston Scientific reportó \$ 9,076 millones de dólares en ventas, Costa Rica representa el 12% de las ventas en el mundo y fabrica 28 millones de Unidades por año entre las 2 plantas y la producción crece entre un 5% y 8% anualmente.

Validación de las necesidades del cliente:

Esta es una etapa fundamental de la segmentación de mercados. Y es la hora de salir a validar. Ya seleccionado el segmento, es necesario acercarse a él y conocer cuáles son sus requerimientos, dolores y ganancias. Para eso se utilizó el método entrevista, donde en una conversación directa con un potencial cliente, se obtuvieron los insumos para validar nuestras hipótesis.

En el Anexo 1, se puede observar el cuestionario que se utilizó para realizar las encuestas. Así como en el Anexo 8, se encuentra el resumen de la primera validación obtenida, en la cual hasta esta etapa de la fase amarilla se habían entrevistado 5 personas relacionadas con el tema, que laboran para distintas empresas de dispositivos médicos: Establishment Labs, St. Jude Medical, Abbott, Volcano y Boston Scientific. A modo de resumen tres de estas empresas no realizan ningún tipo de prueba de superficie en Costa Rica, ya que se dedican exclusivamente a manufactura. Las

otras dos empresas si realizan proyectos de I+D y utilizan técnicas de superficie en el país, para solucionar fallos en los materiales, adhesivos o recubrimientos.

7.2.3 Módulo 3 (Diseño de la solución)

Job to be done (Trabajo por hacer):

La teoría de Trabajo por Hacer (JTBD, por sus siglas en inglés) se compone de un grupo de principios que forman una base para hacer que el marketing sea más efectivo y la innovación más predecible al centrarse en el trabajo por realizar del cliente. La teoría se basa en la idea de que las personas compran productos y servicios para realizar un "trabajo". Un "trabajo" es una declaración de lo que el cliente está tratando de lograr o lograr en una situación determinada. La teoría continúa diciendo que al comprender en detalle qué implica ese "trabajo", las empresas tienen muchas más posibilidades de crear y comercializar soluciones que ganarán en el mercado (Ulwick, 2017).

Tal y como lo comenta Ulwick en su artículo “¿Qué es un Trabajo por Hacer?” (2017), los principios básicos de la teoría de JTBD se resumen a continuación:

1. La gente compra productos y servicios para hacer un "trabajo".
2. Los trabajos son funcionales, con componentes emocionales y sociales.
3. Un trabajo por hacer es estable a lo largo del tiempo.
4. Un trabajo por hacer es una solución agnóstica.
5. El éxito proviene de hacer que el "trabajo", en lugar del producto o el cliente, sea la unidad de análisis.
6. Una comprensión profunda del "trabajo" del cliente hace que el marketing sea más efectivo y la innovación mucho más predecible.
7. La gente quiere productos y servicios que los ayuden a conseguir un trabajo mejor y / o más barato.
8. Las personas buscan productos y servicios que les permitan realizar todo el trabajo en una sola plataforma.
9. Las necesidades del cliente, cuando se relacionan con el trabajo por hacer, hacen que la innovación sea predecible.

El enfoque de JTBD permite a los emprendedores identificar qué valor dar a los clientes a través de la identificación de la solución neutral de las tareas que los clientes están tratando de lograr con un producto. El enfoque es identificar qué adquiriría el cliente para realizar el trabajo (Rodríguez, 2015).

Descarta a partir de las características y atributos del producto, considera el problema del cliente y adicionalmente proporciona conocimiento de las circunstancias que los clientes compran o utilizan productos (Christensen & Raynor, 2003). Este enfoque identifica cómo los clientes perciben objetos en relación con las posibles acciones que pueden realizarse en lugar de las características del producto.

El trabajo por hacer es una herramienta fundamental para **entender las necesidades del cliente** o usuario.

Una vez segmentado, empatizado y seleccionado un mercado inicial. Es necesario identificar cuáles son los trabajos por hacer que específicamente va atender nuestro producto, según los segmentos elegidos.

Hay que considerar que normalmente una solución al estar orientada a un segmento en específico se concentra en resolver ciertas necesidades y no trata de complacer de primera mano, todos los requerimientos de los clientes potenciales. El atender el Trabajo por hacer nos obliga a concentrarnos en las cosas que generan verdadero valor para el cliente.

En el Anexo 9, se pueden observar las acciones, el contexto y los resultados esperados para cada uno de los segmentos de mercado mapeados en la etapa de definición de segmentos.

Caso de uso:

El caso de uso es la ejemplificación a detalle (preferiblemente mediante medios visuales) de cómo funcionaría la prestación de un servicio o la comercialización y uso de un bien por parte de los clientes. Este es un paso que permite tener el primer acercamiento a la generación de un producto mínimo viable.

Existe variedad de herramientas para realizar esto:

- Mapa de la experiencia del cliente (Customer Journey Map)
- El plano del servicio (Service Blueprint)
- Diagramas de flujo

- Guion gráfico (Storyboard)

Para este proyecto se eligió el Diagrama de Flujo, ya que este es, muy utilizado en las ingenierías y la administración para el diseño y análisis de actividades. Esta es una técnica recomendable para servicios que tienen gran número de actividades y que requieren precisión técnica.

Se consideraron factores clave como:

- Cómo descubren que existe el producto
- Cómo analizan el producto
- Cómo adquieren el producto
- Cómo instalan o implementan el producto
- Cómo usan el producto
- Cómo determinan el valor que obtienen del producto
- Cómo pagan
- Cómo recibirán ayuda

En el Anexo 10, se puede observar el Diagrama de Flujo de cómo funcionaría la prestación del servicio del laboratorio de espectroscopia XPS, desde que los clientes contactan el laboratorio para preguntar por el servicio, hasta la entrega de resultados.

7.2.4 Módulo 4: Propuesta de Valor

La propuesta de valor es la declaración simple y clara que explica cuál es la configuración por la cual opta el producto propuesto, para generar el mejor beneficio al cliente y destacarse por encima de las demás alternativas. Una vez identificados los dolores, los trabajos por hacer, las expectativas del cliente y una solución, es necesario maximizar los atributos del producto que hacen única nuestra oferta.

Propuesta de valor única:

Bajo la premisa de que conocemos las necesidades del cliente y que hemos visualizado como el cliente usará nuestra solución, es necesario atacar los criterios que son prioridad para nuestro cliente. Esta propuesta debe valorarse en términos de cuál es el estado actual del cliente y cuál será el estado futuro con la solución.

Para plantear una gran propuesta de valor, Osterwalder y Pigneur (2017) los impulsores de este concepto, destacan:

- Puede ser implementada en modelos de negocio geniales
- Se concentra en pocos calmantes de dolor y generadores de ganancia, pero en los que se enfoca, lo hace extremadamente bien.
- Se enfoca en los trabajos, los dolores o las ganancias que son comunes para un gran número de clientes o en un pequeño número pero que está dispuesto a pagar mucho dinero.
- Está alineada con la forma en que los clientes miden el éxito.
- Se centra en los trabajos más significativos, los dolores más severos y las ganancias más relevantes.
- Se diferencia de la competencia de manera significativa.
- Dirige los trabajos funcionales, emocionales y sociales de manera conjunta.
- Supera la competencia sustancialmente en al menos una dimensión.
- Es difícil de copiar.
- Atiende trabajos, dolores y ganancias insatisfechos.

En el Anexo 11, se puede ver la plantilla utilizada para el desarrollo de la propuesta de valor realizada para el laboratorio, a continuación, se mencionan las partes de esta propuesta:

Persona: Ingeniero de calidad o materiales.

Problema que se quiere resolver: Dar a conocer la técnica XPS, Solucionar problemas en la caracterización de materiales, Innovar, Reducir tiempos y costos de las empresas de dispositivos médicos.

Dolores o molestias de los clientes: Largos tiempos de respuesta en el extranjero, Altos costos en el análisis en el extranjero, No solucionar problemas en la superficie de materiales y Desconocimiento de la técnica.

Ganancias que el cliente requiere, desea o espera: Ahorro dinero, Disminución tiempo de espera, Ahorro horas hombre, Experiencia de usuario diferente.

Producto que se requiere ofrecer: Laboratorio con espectroscopia XPS en Costa Rica.

Reductores de dolores, alivios: Tiempos de respuesta más cortos y Disminución de los costos de envío al extranjero.

Creadores de ganancias, creación de felicidad al cliente: Rapidez en la obtención de resultados, Buena interpretación de los resultados de XPS y Buena experiencia en el servicio.

Posición competitiva:

Fijar la posición competitiva ayuda a valorar en qué medida se está brindando más valor frente a los competidores o alternativas actuales. La intención es comparar la solución propuesta contra otros productos.

Una forma fácil de hacer un análisis de posición competitiva es utilizar el método propuesto por Bill Aulet en su libro "La Disciplina de Emprender" (2015). Para esto lo que se debe hacer es:

- Definir las 2 características o requerimientos prioritarios del cliente.
- Identificar competidores, alternativas o la forma en que lo resuelve el cliente actualmente (si no existiera un producto).
- Posicionarlos en un plano cartesiano según el nivel de intensidad (bajo, medio, alto), en que esos otros productos o alternativas ofrecen esa característica o atienden ese requerimiento.
- Posicionar el producto propuesto respecto a esas 2 variables.

Un detalle fundamental es que se debe tratar a toda costa, de excluir al precio como una característica o requerimiento a comparar. A menos que se tenga una ventaja tecnológica o nuevo proceso que derive en una eficiencia difícil de copiar por la competencia.

En el Anexo 12, se puede observar como el laboratorio de espectroscopia XPS se colocó en el cuadrante superior derecho que demuestra un valor alto en cuanto a rapidez de servicio y certificaciones obtenidas. Lo cuál sería la posición competitiva óptima para hacer frente a posibles competidores.

Desarrollo del producto mínimo viable:

Según el Método Lean Startup (Ries, 2011) y uno de los pilares del proceso en AUGÉ, un PMV es aquel medio por el cual se muestra un producto con la menor cantidad de características posibles, pero que permita aprender información relevante de su eventual lanzamiento y uso, gracias a que los potenciales clientes o usuarios pueden interactuar con él.

Algunos ejemplos de PMVs:

- Una presentación que explica e ilustra el producto.
- Modelo 3D

- Landing page que explica el producto o servicio.
- Video explicativo
- Modelo a escala o con materiales alternativos.
- Maquetas
- Planos
- Storyboard

En el caso de este proyecto, se realizó una presentación en PowerPoint, que se presentó a todos los posibles clientes para explicar la aplicación de la técnica y así generar interés en adquirir el servicio.

7.2.5 Módulo 5 (Adquisición de clientes)

Proceso de Adquisición de Clientes:

La definición de un esquema que ilustre el proceso de adquisición permite entender:

- El ciclo y los tiempos de las etapas de venta.
- Los recursos que se requieren asignar para obtener clientes (lo cual servirá para la estimación del costo de adquisición).
- Identificar los obstáculos ocultos para vender.
- La forma en que opera el mercado al que se desea entrar.

Este proceso difiere dependiendo el tipo de emprendimiento o el esquema comercial de negocio. Se debe recordar optar al menos por algún tipo de motor de crecimiento. Es normal tener una combinación, pero es clave que, en primera instancia, el emprendimiento tenga alguna hipótesis de motor de crecimiento al que debe apostar.

Erick Ries explica en su libro los principales motores de crecimiento de los startups, que se comentan a continuación:

- **Pegajoso:** pretende atraer y retener a los consumidores a largo plazo. El cliente se encuentra con incentivos que evitan su salida; es difícil que se vaya o deje de utilizar el producto. Es por todo esto, que para que un producto de este tipo crezca, es necesario que se le ofrezca otro con unas características nuevas, mejores y convincentes o bien que esté extremadamente descontento con el que tiene. Las empresas que usan el motor de crecimiento pegajoso confían en tener una alta tasa de retención de consumidores y por

tanto, siguen atentamente la tasa de abandono o deserción. Si la tasa de adquisición de nuevos clientes es superior a la tasa de deserción, la empresa crecerá (Ries, 2011).

- **Viral:** En este motor, el conocimiento del producto se expande rápidamente de persona a persona, de forma similar a como un virus se convierte en epidemia. Los productos que muestran un crecimiento viral en las empresas dependen de la transmisión de persona a persona como uso normal del producto. Los consumidores no actúan como evangelizadores intencionadamente, no corren la voz, como en el caso del crecimiento “boca a boca”. El crecimiento viral se produce automáticamente como efecto secundario del uso del producto por parte de los consumidores (Thomsen, 2009).
- **Remunerado:** Las empresas que utilizan un motor de crecimiento remunerado pagan por conseguir clientes. Ya sea del modo tradicional, invirtiendo en la contratación de un comercial y un servicio de instalación del producto; o bien, a través de los sistemas actuales que existen en internet. Si las empresas que utilizan un motor de crecimiento remunerado en cualquiera de sus variantes deciden incrementar su tasa de crecimiento, lo puede hacer de dos formas: aumentando el ingreso que proporciona cada consumidor, o bien, minimizando el coste de adquirir un consumidor nuevo. Este es el funcionamiento del motor de crecimiento remunerado (Thomsen, 2009).

El Funnel de conversión o embudo de adquisición

Conocido como el embudo o funnel de conversión, funnel de adquisición o de ventas. Es la forma en que se representan gráfica y visualmente los diferentes estados secuenciales que suceden en el proceso de consecución de un cliente. Algo fundamental es que desde la perspectiva de AUGÉ la adquisición del cliente se logra, en el momento en que este hace el pago por la solución propuesta.

El embudo propuesto por Dave McClure (2007) y compuesto por las métricas conocidas como métricas piratas, propone el siguiente esquema:

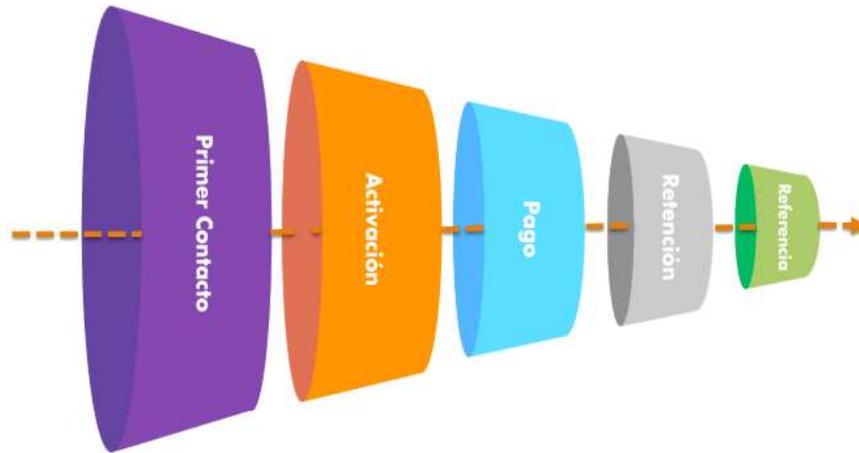


Figura 11. Embudo de adquisición de clientes (AUGE, 2018)

- Primer Contacto: cómo llegan los usuarios al sitio.
- Activación: qué hacen en el sitio y si disfrutan con su experiencia.
- Pago: los usuarios acaban generando ingresos.
- Retención: los usuarios vuelven más veces.
- Referencia: los usuarios quedan satisfechos con el producto y lo recomiendan a otros.

Es fundamental que a cada etapa se le coloquen indicadores o métricas de conversión. Cada emprendimiento debe tener su propio embudo, según su estrategia para crear nuevos clientes. Generalmente este proceso es planteado como un embudo. Lo ideal es que cada emprendimiento, diseñe el propio, según los pasos y momentos de conversión (AUGE, 2018).

En el Anexo 13, se puede observar el embudo de adquisición de un año para el proyecto del laboratorio de espectroscopia XPS, con un motor de crecimiento pegajoso.

7.2.6 Módulo 6 (Modelo Financiero)

Acá se deben definir los datos más relevantes acerca de la generación de ingresos y la sostenibilidad del emprendimiento. Esto es resultado de haber identificado claramente un cliente, la oferta de un beneficio, comprender las actividades que generan el producto y el servicio, y la estrategia de creación de clientes.

Mecanismo de monetización y definición del precio (Costo de adquisición y valor a largo plazo del cliente):

Cuando monetizamos el valor que generamos, la solución se transforma en verdadero Producto Mínimo Viable. Esto no solo se puede destacar en el bien o servicio que ofrecemos, si no en la forma en que las personas pagan por nuestra oferta. Esto se acompaña de otro elemento fundamental que es el "precio". Aunque existen varios métodos para asignar el precio, siempre recomendamos que escojan el método del valor percibido, pues es la forma que podemos complementar de manera adecuada nuestra propuesta de valor única.

Evidencias de experimentación

En este punto, el emprendimiento ya tiene un Producto Mínimo Viable, que permitirá aplicar el ciclo de *Lean Startup* para validar los supuestos. Según lo que se ha trabajado hasta ahora se tienen algunos supuestos sobre: Segmento de mercado, JTBD de los clientes, dolores y expectativas de los mismos, solución relevante, mecanismo de crecimiento, formas de monetización, costos de captura de clientes y beneficios a generar. El en Anexo 4, se muestra el contenido utilizado para explicarle al cliente las características del producto: sus ventajas, requisitos, funciones, a quién va dirigido, entre otros.

En el Anexo 15, se puede observar el título que se obtuvo al culminar la Fase Amarilla de Auge.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La técnica de caracterización superficial XPS es muy desconocida en Costa Rica por profesionales en esta área.
- Tomando en cuenta la respuesta de las encuestas, las empresas de Dispositivos Médicos una vez informados del alcance de la técnica estarían dispuestas a comprar el servicio de caracterizar materiales con un XPS en Costa Rica.
- Es necesario que el Laboratorio cumpla con las normas de calidad y mínimo ISO 17025 para poder brindar el servicio a las Empresas de Dispositivos Médicos.
- El Laboratorio de XPS puede ser utilizado también por la industria de semiconductores y ala industria eroespacial
- El equipo de Espectroscopia Foelectrónica de Rayos X (XPS) y Auger es ampliamente utilizado para estudiar semiconductores, películas ultra finas, recubrimientos, adhesivos, plásticos, corrosión, soldadura, microcircuitos, entre otros.
- La inversión inicial del proyecto es de \$ 1 244 104,98 y será financiado por el BID.
- Al evaluar la rentabilidad del proyecto se obtiene una Tasa de Retorno del 16 % y un Valor Actual Neto positivo de \$140 853, 32 por lo tanto, el proyecto resulta rentable.
- El proyecto es bastante sensible a la variación anual del precio del servicio, de la cantidad de clientes y del salario de los empleados. Pero la materia prima y los servicios auxiliares no corresponden a variables sensibles.
- Es necesario ampliar el acceso al financiamiento y asesoría para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica que ayuden a solventar las necesidades del país en cuánto a servicios requeridos por las empresas de inversión extranjera directa.

8.2 RECOMENDACIONES

- Promover vinculación academia y los sectores socioprodutivos de Costa Rica.
- Promover encadenamientos productivos desde las políticas de Ciencia, Innovación y Tecnología.
- Consolidar un sistema de incentivos para la diáspora científica para así solventar la falta de recurso humano capacitado en áreas de ciencia y tecnología.
- Preparar en Costa Rica recursos humanos en sintonía con los requerimientos del desarrollo, capaces de adaptarse al cambio y de generar progreso para todos los habitantes de la nación.

Mediante el apoyo a la educación para mejorar las condiciones en la preparación de las personas en estas áreas. Así como una mayor vinculación industria- academia.

- Asegurar la correspondencia entre oferta y demanda del personal en Ciencia, Tecnología e Innovación, para atraer empresas de inversión extranjera directa por el talento de Costa Rica en estas áreas.
- Recopilar más cotizaciones de equipos XPS, para tener más variedad a la hora de elegir el adecuado.
- Realizar un estudio de mercado más profundo para localizar mayor cantidad de potenciales clientes. Este estudio de mercado debe ser constante.

9 Bibliografía

- Alpizar . (30 de Noviembre de 2017). *Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica* .
Obtenido de
https://procomer.com/downloads/estudios/estudio_estadistico_2016/AnuarioEstadistico2016.pdf
- Álvarez , D. (2017). *Costa Rica Industrial 2T 2017*. Obtenido de Cushman & Wakefield :
http://www.cushmanwakefield.com/~media/marketbeat/2016/12/CostaRica_Americas_Alliance_MarketBeat_Industrial_Q32016_Spanish.pdf
- Anderson Materials Evaluation . (5 de Noviembre de 2017). *Surface Analysis by X- Ray Photoelectron Spectroscopy*. Obtenido de Anderson Materials Evaluation Inc:
www.andersonmaterials.com/xps.html
- AUGE. (13 de abril de 2018). *Agencia Universitaria para la Gestión del Emprendimiento*.
Obtenido de AUGE: <http://www.augeucr.com/es/aprender>
- AUGE. (23 de Marzo de 2018). *Augecr*. Obtenido de
<http://www.augeucr.com/es/quienessomos>
- Aulet, B. (2015). *La disciplina de emprender*. Madrid: LID.
- AYA. (1 de Octubre de 2017). *Estructura tarifaria sobre el servicio de acueducto y alcantarillado* . Obtenido de
<https://www.aya.go.cr/Noticias/.../Aumento%20Tarifario%20Octubre%202017.pdf>
- Aziz, M., & Ismail, A. (2017). Chapter 5. X- Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS). En *Membrane Characterization* (págs. 81-93). Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- Baca , G. (2013). *Evaluación de Proyectos* . México: McGrawHill.
- BCCR. (3 de Junio de 2015). *Indicadores de inflación subyacente*. Obtenido de Banco :
<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%202978>
- BCR. (29 de Noviembre de 2018). *Banco de Costa Rica* . Obtenido de
https://www.bancobcr.com/Pymes/Creditos_MiPymes.html
- BID. (29 de Noviembre de 2018). *Banco Interamericano de Desarrollo* . Obtenido de BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID):

- BN. (3 de Diciembre de 2018). *Banco Nacional* . Obtenido de <https://www.bncr.fi.cr/Pymes/Paginas/Credito.aspx>
- Brittain, H. (2006). X- Ray Photoelectron and X-Ray Fluorescence Spectroscopy. *H. Brittain & H. Brittain, Spectroscopy of Pharmaceutical Solids* , 67-89.
- Bruce , P. (2008). *Química Orgánica* . México : PEARSON .
- C.R, B., Watts, J., & Wolstenholme, J. (2005). X- ray Photoelectron and Auger Electron Spectroscopy . En C. Jack, *Analytical Instrumentation Handbook* (págs. 404-426). New York : Marcel Dekker .
- Castañer , J. (2014). *Análisis de costo beneficio: Ejemplos de análisis sector privado*. Obtenido de Junta de Planificación: Mapa interactivo de Puerto Rico : http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf
- Christensen, C., & Raynor, M. (2003). *The innovators solution: Creating and sustaining successful growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- CICANUM. (7 de Noviembre de 2017). *Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares*. Obtenido de <https://vinv.ucr.ac.cr/es/unidades/centro-de-investigacion-en-ciencias-atomicas-nucleares-y-moleculares-cicanum>
- CICIMA. (7 de Noviembre de 2017). *Euipos CICIMA* . Obtenido de <http://www.cicima.ucr.ac.cr/index.php/en/>
- CIEMIC. (7 de Noviembre de 2017). *Centro de Investigación en estructuras microscópicas*. Obtenido de <http://ciemtic.ucr.ac.cr/index.php/es/quienes-somos>
- CIEMTEC. (4 de Noviembre de 2017). *Centro de Investigación y Extensión de Ingeniería de los Materiales*. Obtenido de <https://www.tec.ac.cr/centros-investigacion/centro-investigacion-extension-ingenieria-materiales-ciemtec>
- CINDE . (30 de Noviembre de 2016). Obtenido de <file:///C:/Users/Jorge%FP3IYS8L/life-sciences-forum-costa-rica-2016-costa-rica-se-posiciona-como-lider-de-la-innovacion-en-lati.html>
- Cinde. (2014). *Mapeo Necesidades de Laboratorio*. San José: CINDE.
- CINDE. (30 de Noviembre de 2017). Obtenido de <file:///C:/Users/Jorge%20Luna/Zotero/storage/MZT3RP2Z/ciencias-de-la-vida.html>
- Consejo Nacional de Investigación de Canadá. (2003). *Recommended practices for calibration laboratories*. Obtenido de National Research Council Canada:

https://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/clas/recommended_practices.html

- Cordero , & Paus . (2008). Foreign Investment and Economic Development in Costa Rica: The Unrealized Potential. *Working Group on Development and Environment in the Americas*.
- ECA. (2014). *Política de Incertidumbres* . San José : Diario Oficial La Gaceta .
- ECA. (2014). *Política de Validación de Métodos*. San José: Diario Oficial La Gaceta.
- ECA. (2016). *¿Qué es el ECA?* Obtenido de ECA: Ente Costarricense de Acreditación: http://www.eca.or.cr/eca_quees.php
- ECA. (2017). *Criterios para la acreditación transfronteriza de los laboratorios, organismos de inspección y proveedores de ensayos de aptitud*. San José .
- ECA. (3 de November de 2017). *Ente Costarricense de Acreditación* . Obtenido de http://eca.or.cr/eca_quees.php
- ECA. (2017). *Manual de Procedimientos para la Evaluación y Acreditación*. San José: Diario Oficial La Gaceta.
- ECA. (2017). *Política de Trazabilidad* . San José: Diario Oficial La Gaceta.
- ENAC. (3 de November de 2017). *Entidad Nacional de Acreditación*. Obtenido de ENAC: www.enac.es/que-hacemos/servicios-de-acreditacion/proveedores-de-intercomparaciones
- Fernández, E. (22 de Febrero de 2015). Industria de dispositivos médicos asume un rol protagónico en Costa Rica. *El Financiero* .
- Fernández, J. (2006). *Planificación estratégica de Ciudades: nuevos instrumentos y procesos*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Financiero, E. (7 de Abril de 2015). *¿Qué es y cómo funciona la Banca para el Desarrollo?* Obtenido de <https://www.elfinancierocr.com/pymes/que-es-y-como-funciona-el-sistema-de-banca-para-el-desarrollo/CONNIFSIOJBUXNLKH7P73FBCAA/story/>
- Frank, M. (2012). *Cómo preparar un Elevator Speech*. Cataluña: Generalidad de Cataluña: Departamento de Empresa y Empleo.
- González, C. (2013). *Conformación de las comunidades de ciencia y tecnología en Costa Rica. Ponencia preparada para el Primer Informe Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. San José.

- Govaere . (30 de Noviembre de 2017). *En camino de una política de encadenamientos productivos en Costa Rica*. Obtenido de <https://www.uned.ac.cr/ocex/images/stories/Hacia%20una%20política%20de%20encadenamientos%20productivos%20en%20CR.pdf>
- Haime, L. (2003). *El arrendamiento Financiero*. México: Ediciones Fiscales ISEF .
- Haime, L. (2003). *El Arrendamiento Financiero* . México: Ediciones Fiscales ISEF.
- HIPATIA. (2014). *Estado de la Ciencia, Tecnología y la Innovación*. San José .
- ICE. (26 de Junio de 2018). *Tarifas del ICE*. Obtenido de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES>
- ILCE. (24 de Enero de 2019). *Biblioteca Digital*. Obtenido de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/sec_15.htm
- INEC. (2 de Julio de 2015). *Índice de precios al consumidor*. Obtenido de Banco Central de Costa Rica: <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%202732>
- Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). (2003). *Manual 143*. Estados Unidos: NIST.
- INTECO. (2017). *INTE/ ISO/ IEC 17025*. Costa Rica.
- INVIMA. (12 de Febrero de 2013). *ABC de dispositivos Médicos*. Obtenido de <https://www.invima.gov.co/images/pdf/tecnovigilancia/ABC%20Dispositivos%20Medicos%20INVIMA.pdf>
- ISO. (3 de November de 2018). *Internacional Organization of Standardizacion*. Obtenido de www.iso.org/home.html
- Khandpur, R. (2006). Electron and Ion Spectrometers. En *Handbook of Analytical Instruments*. Chicago: McGraw Hill Professional.
- kolbi. (3 de Enero de 2018). *Portal Kolbi* . Obtenido de https://www.kolbi.cr/wps/portal/kolbi_dev/negocios
- LACOMET. (29 de November de 2018). *LACOMET* . Obtenido de <https://www.lacomet.go.cr/>

- LAMI. (4 de Noviembre de 2017). *Laboratorio de Materiales Industriales* . Obtenido de <https://www.lami.una.ac.cr/index.php/es/servicios>
- LANOTEC. (4 de Noviembre de 2017). *Laboratorio Nacional de Nanotecnología* . Obtenido de <http://www.cenat.ac.cr/es/lanotec/>
- LINAM. (23 de diciembre de 2018). *Espectroscopia de electrones fotoemitidos por rayos X* . Obtenido de <http://marielabravo.wixsite.com/xps-linan>
- McClure, D. (15 de abril de 2007). *Startup Metrics for Product Marketing and Product Management*. Obtenido de 500 Hats: <https://www.slideshare.net/dmc500hats/startup-metrics-for-pirates-long-version>
- Metrología, C. E. (2012). VIM Vocabulario Internacional de Metrología conceptos fundamentales y generales y términos asociados. España.
- Micitt. (2011). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014*. San José : Ministerio de Ciencia y Tecnología .
- Morais, F. (13 de abril de 2013). *Metodología de análisis y solución de problemas*. Obtenido de Agencia Brasileña de Desenvolvimento Industrial: http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MASP_ESPANHOL.pdf
- MTSS. (1 de Diciembre de 2018). *Salarios Mínimos del Sector Privado Año 2018*. Obtenido de http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_ocupacion_2018.pdf
- OMS. (2 de Junio de 2018). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de http://www.who.int/medical_devices/definitions/es/
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2017). *Value Proposition Design*. Nueva York: Wiley.
- Parot, R. (2015). *Estrategia del BID con Costa Rica (2015-2018)*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=39906666>
- Poveda, G. (2008). *Modelo Matemático y dimensional para el planteamiento óptimo de industrias de procesos*. Colombia: Fondo Editorial ITM .
- Pradeep , T. (2007). Understanding Nanoscience and Nanotechnology. En *Investigating and manipulating Materials in the nanoscale*. San Francisco: McGraw Hill Professional.

- Pradeep, T. (2012). Photoelectron Spectroscopy for the study of nanomaterials. En *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Mc Graw Hill Professional.
- Pradyot , P. (2004). X-Ray Methods . En *Dean´s Analytical Chemistry Handbook*. Chicago : McGraw Hill Professional .
- PROCOMER , Cinde , & CRbiomed . (30 de Noviembre de 2014). *Guia del Sector Ciencias de la Vida*. Obtenido de http://esencialcostarica.com/procomer/ebook/procomer_biotecnologia/es/pdf/procomer_biotecnologia.pdf
- PYMES, C. R. (1 de Diciembre de 2018). *PYME* . Obtenido de <http://www.pyme.go.cr/pymecr5.php?id=2>
- Ramirez . (30 de Noviembre de 2017). *Costa Rica: hacia una política de encadenamientos productivos* . Obtenido de <https://www.uned.ac.cr/acontecer/a-diario/gestion-universitaria/2081-costa-rica-hacia-una-politica-de-encadenamientos-productivos#>
- Ries, E. (2011). *El método Lean Startup*. Barcelona : Centro Libros.
- Rodríguez, J. (2015). La innovación basada en las tareas del consumidor como marco metodológico en el desarrollo de emprendimientos sostenibles. *4to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables* (págs. 1-22). Bogotá: Universidad Libre Seccional de Cali.
- Ruiz , P. (28 de Agosto de 2016). 9 cambios en la nueva ley de alquiler de vivienda. *La República*.
- SCM. (2 de Diciembre de 2018). *SCM Metrología y Laboratorios S.A*. Obtenido de www.scmmetrologia.com
- Seymour, R. (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. Florida: REVERTÉ S.A.
- SPECS. (25 de Enero de 2018). *Innovation in Surface Spectroscopy and Microscopy Systems* . Obtenido de http://www.specs.de/cms/front_content.php?idcat=209
- Specs. (2 de Enero de 2019). *Enviro Analytical Instruments* . Obtenido de <http://www.enviroai.com/>
- Thermo Scientific . (10 de February de 2018). *Thermo Scientific* . Obtenido de <https://xpssimplified.com/whatisxps.php>
- Thermo Scientific . (2 de Enero de 2019). *Thermo Scientific*. Obtenido de Thermo Scientific XPS simplified: <https://xpssimplified.com/nexsa.php>

- Thomsen, M. (2009). *El Plan de Negocios Dinámico*. Højbjerg: Thomsen Business Information.
- Ulwick, T. (13 de abril de 2017). *What Is Jobs-to-be-Done?* Obtenido de Medium: <https://jobs-to-be-done.com/what-is-jobs-to-be-done-fea59c8e39eb>
- UNAM. (25 de Noviembre de 2018). *Ciencia UNAM* . Obtenido de http://ciencia.unam.mx/leer/150/fuga_de_cerebros_la_diaspora_del_conocimiento
- Unger, W. (22 de Octubre de 2016). *Science Direct*. Obtenido de Surface analysis/ Auger electron Spectroscopy : <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/science/article/pii/B012369397700594X>
- Van Zant , P. (2014). *Microchip fabrication: a practical guide to semiconductor processing*. New Yor: McGraw- Hill Professional.
- Villanueva , M. E., Gonzáles , J. A., Rodríguez- Castellón , E., Teves, S., & Copello , G. J. (2016). Antimicrobial surface functionalization of PVC by guanidine based antimicrobial polymer. *Materials Science and Engineering* , 214-220.

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción
\AA	Angstrom
E_A	Electrones emitidos desde los 10 primeros angstroms de la superficie
E_B	Energía de enlace
E_i	Electrones de la capa interior
E_k	Energía Cinética
E_{o1}	Electrón de la capa exterior
E_{o2}	Segundo electrón de la capa exterior
$h\nu$	Energía del haz de rayos X
ϕ	Fuerza de trabajo

APÉNDICES

A. Cálculos intermedios

Cuadro A.1. Cálculos del préstamo a 10 años.

año	Saldo inicial	Cuota	Interés	Amortización
1	\$ 1.244.104,98	\$ 41.323,41	\$ 40.433,41	\$ 890,00
2	\$ 1.243.214,99	\$ 41.323,41	\$ 40.404,49	\$ 918,92
3	\$ 1.242.296,06	\$ 41.323,41	\$ 40.374,62	\$ 948,79
4	\$ 1.241.347,28	\$ 41.323,41	\$ 40.343,79	\$ 979,62
5	\$ 1.240.367,65	\$ 41.323,41	\$ 40.311,95	\$ 1.011,46
6	\$ 1.239.356,19	\$ 41.323,41	\$ 40.279,08	\$ 1.044,33
7	\$ 1.238.311,86	\$ 41.323,41	\$ 40.245,14	\$ 1.078,27
8	\$ 1.237.233,58	\$ 41.323,41	\$ 40.210,09	\$ 1.113,32
9	\$ 1.236.120,27	\$ 41.323,41	\$ 40.173,91	\$ 1.149,50
10	\$ 1.234.970,77	\$ 41.323,41	\$ 40.136,55	\$ 1.186,86
11	\$ 1.233.783,91	\$ 41.323,41	\$ 40.097,98	\$ 1.225,43
12	\$ 1.232.558,47	\$ 41.323,41	\$ 40.058,15	\$ 1.265,26
13	\$ 1.231.293,21	\$ 41.323,41	\$ 40.017,03	\$ 1.306,38
14	\$ 1.229.986,83	\$ 41.323,41	\$ 39.974,57	\$ 1.348,84
15	\$ 1.228.638,00	\$ 41.323,41	\$ 39.930,73	\$ 1.392,67
16	\$ 1.227.245,32	\$ 41.323,41	\$ 39.885,47	\$ 1.437,94
17	\$ 1.225.807,38	\$ 41.323,41	\$ 39.838,74	\$ 1.484,67
18	\$ 1.224.322,71	\$ 41.323,41	\$ 39.790,49	\$ 1.532,92
19	\$ 1.222.789,79	\$ 41.323,41	\$ 39.740,67	\$ 1.582,74
20	\$ 1.221.207,05	\$ 41.323,41	\$ 39.689,23	\$ 1.634,18
21	\$ 1.219.572,87	\$ 41.323,41	\$ 39.636,12	\$ 1.687,29
22	\$ 1.217.885,58	\$ 41.323,41	\$ 39.581,28	\$ 1.742,13
23	\$ 1.216.143,45	\$ 41.323,41	\$ 39.524,66	\$ 1.798,75
24	\$ 1.214.344,70	\$ 41.323,41	\$ 39.466,20	\$ 1.857,21
25	\$ 1.212.487,50	\$ 41.323,41	\$ 39.405,84	\$ 1.917,57
26	\$ 1.210.569,93	\$ 41.323,41	\$ 39.343,52	\$ 1.979,89
27	\$ 1.208.590,04	\$ 41.323,41	\$ 39.279,18	\$ 2.044,23
28	\$ 1.206.545,81	\$ 41.323,41	\$ 39.212,74	\$ 2.110,67
29	\$ 1.204.435,14	\$ 41.323,41	\$ 39.144,14	\$ 2.179,27
30	\$ 1.202.255,87	\$ 41.323,41	\$ 39.073,32	\$ 2.250,09

Cuadro A.1. (Continuación) Cálculos del préstamo a 10 años.

31	\$ 1.200.005,78	\$ 41.323,41	\$ 39.000,19	\$ 2.323,22
32	\$ 1.197.682,55	\$ 41.323,41	\$ 38.924,68	\$ 2.398,73
33	\$ 1.195.283,83	\$ 41.323,41	\$ 38.846,72	\$ 2.476,69
34	\$ 1.192.807,14	\$ 41.323,41	\$ 38.766,23	\$ 2.557,18
35	\$ 1.190.249,96	\$ 41.323,41	\$ 38.683,12	\$ 2.640,29
36	\$ 1.187.609,68	\$ 41.323,41	\$ 38.597,31	\$ 2.726,10
37	\$ 1.184.883,58	\$ 41.323,41	\$ 38.508,72	\$ 2.814,69
38	\$ 1.182.068,89	\$ 41.323,41	\$ 38.417,24	\$ 2.906,17
39	\$ 1.179.162,72	\$ 41.323,41	\$ 38.322,79	\$ 3.000,62
40	\$ 1.176.162,10	\$ 41.323,41	\$ 38.225,27	\$ 3.098,14
41	\$ 1.173.063,96	\$ 41.323,41	\$ 38.124,58	\$ 3.198,83
42	\$ 1.169.865,12	\$ 41.323,41	\$ 38.020,62	\$ 3.302,79
43	\$ 1.166.562,33	\$ 41.323,41	\$ 37.913,28	\$ 3.410,13
44	\$ 1.163.152,20	\$ 41.323,41	\$ 37.802,45	\$ 3.520,96
45	\$ 1.159.631,23	\$ 41.323,41	\$ 37.688,02	\$ 3.635,39
46	\$ 1.155.995,84	\$ 41.323,41	\$ 37.569,86	\$ 3.753,54
47	\$ 1.152.242,29	\$ 41.323,41	\$ 37.447,87	\$ 3.875,54
48	\$ 1.148.366,76	\$ 41.323,41	\$ 37.321,92	\$ 4.001,49
49	\$ 1.144.365,27	\$ 41.323,41	\$ 37.191,87	\$ 4.131,54
50	\$ 1.140.233,73	\$ 41.323,41	\$ 37.057,60	\$ 4.265,81
51	\$ 1.135.967,92	\$ 41.323,41	\$ 36.918,96	\$ 4.404,45
52	\$ 1.131.563,46	\$ 41.323,41	\$ 36.775,81	\$ 4.547,60
53	\$ 1.127.015,87	\$ 41.323,41	\$ 36.628,02	\$ 4.695,39
54	\$ 1.122.320,47	\$ 41.323,41	\$ 36.475,42	\$ 4.847,99
55	\$ 1.117.472,48	\$ 41.323,41	\$ 36.317,86	\$ 5.005,55
56	\$ 1.112.466,92	\$ 41.323,41	\$ 36.155,18	\$ 5.168,23
57	\$ 1.107.298,69	\$ 41.323,41	\$ 35.987,21	\$ 5.336,20
58	\$ 1.101.962,49	\$ 41.323,41	\$ 35.813,78	\$ 5.509,63
59	\$ 1.096.452,86	\$ 41.323,41	\$ 35.634,72	\$ 5.688,69
60	\$ 1.090.764,17	\$ 41.323,41	\$ 35.449,84	\$ 5.873,57

Cuadro A.1. (Continuación) Cálculos del préstamo a 10 años.

61	\$ 1.084.890,59	\$ 41.323,41	\$ 35.258,94	\$ 6.064,47
62	\$ 1.078.826,13	\$ 41.323,41	\$ 35.061,85	\$ 6.261,56
63	\$ 1.072.564,57	\$ 41.323,41	\$ 34.858,35	\$ 6.465,06
64	\$ 1.066.099,51	\$ 41.323,41	\$ 34.648,23	\$ 6.675,18
65	\$ 1.059.424,33	\$ 41.323,41	\$ 34.431,29	\$ 6.892,12
66	\$ 1.052.532,21	\$ 41.323,41	\$ 34.207,30	\$ 7.116,11
67	\$ 1.045.416,10	\$ 41.323,41	\$ 33.976,02	\$ 7.347,39
68	\$ 1.038.068,71	\$ 41.323,41	\$ 33.737,23	\$ 7.586,18
69	\$ 1.030.482,53	\$ 41.323,41	\$ 33.490,68	\$ 7.832,73
70	\$ 1.022.649,81	\$ 41.323,41	\$ 33.236,12	\$ 8.087,29
71	\$ 1.014.562,52	\$ 41.323,41	\$ 32.973,28	\$ 8.350,13
72	\$ 1.006.212,39	\$ 41.323,41	\$ 32.701,90	\$ 8.621,51
73	\$ 997.590,88	\$ 41.323,41	\$ 32.421,70	\$ 8.901,71
74	\$ 988.689,17	\$ 41.323,41	\$ 32.132,40	\$ 9.191,01
75	\$ 979.498,16	\$ 41.323,41	\$ 31.833,69	\$ 9.489,72
76	\$ 970.008,44	\$ 41.323,41	\$ 31.525,27	\$ 9.798,14
77	\$ 960.210,31	\$ 41.323,41	\$ 31.206,84	\$ 10.116,57
78	\$ 950.093,73	\$ 41.323,41	\$ 30.878,05	\$ 10.445,36
79	\$ 939.648,37	\$ 41.323,41	\$ 30.538,57	\$ 10.784,84
80	\$ 928.863,53	\$ 41.323,41	\$ 30.188,06	\$ 11.135,34
81	\$ 917.728,19	\$ 41.323,41	\$ 29.826,17	\$ 11.497,24
82	\$ 906.230,94	\$ 41.323,41	\$ 29.452,51	\$ 11.870,90
83	\$ 894.360,04	\$ 41.323,41	\$ 29.066,70	\$ 12.256,71
84	\$ 882.103,33	\$ 41.323,41	\$ 28.668,36	\$ 12.655,05
85	\$ 869.448,28	\$ 41.323,41	\$ 28.257,07	\$ 13.066,34
86	\$ 856.381,94	\$ 41.323,41	\$ 27.832,41	\$ 13.491,00
87	\$ 842.890,94	\$ 41.323,41	\$ 27.393,96	\$ 13.929,45
88	\$ 828.961,49	\$ 41.323,41	\$ 26.941,25	\$ 14.382,16
89	\$ 814.579,33	\$ 41.323,41	\$ 26.473,83	\$ 14.849,58
90	\$ 799.729,74	\$ 41.323,41	\$ 25.991,22	\$ 15.332,19
91	\$ 784.397,55	\$ 41.323,41	\$ 25.492,92	\$ 15.830,49
92	\$ 768.567,06	\$ 41.323,41	\$ 24.978,43	\$ 16.344,98
93	\$ 752.222,08	\$ 41.323,41	\$ 24.447,22	\$ 16.876,19
94	\$ 735.345,89	\$ 41.323,41	\$ 23.898,74	\$ 17.424,67
95	\$ 717.921,22	\$ 41.323,41	\$ 23.332,44	\$ 17.990,97

Cuadro A.1. (Continuación) Cálculos del préstamo a 10 años.

96	\$ 699.930,25	\$ 41.323,41	\$ 22.747,73	\$ 18.575,68
97	\$ 681.354,57	\$ 41.323,41	\$ 22.144,02	\$ 19.179,39
98	\$ 662.175,19	\$ 41.323,41	\$ 21.520,69	\$ 19.802,72
99	\$ 642.372,47	\$ 41.323,41	\$ 20.877,11	\$ 20.446,30
100	\$ 621.926,17	\$ 41.323,41	\$ 20.212,60	\$ 21.110,81
101	\$ 600.815,36	\$ 41.323,41	\$ 19.526,50	\$ 21.796,91
102	\$ 579.018,45	\$ 41.323,41	\$ 18.818,10	\$ 22.505,31
103	\$ 556.513,14	\$ 41.323,41	\$ 18.086,68	\$ 23.236,73
104	\$ 533.276,40	\$ 41.323,41	\$ 17.331,48	\$ 23.991,93
105	\$ 509.284,48	\$ 41.323,41	\$ 16.551,75	\$ 24.771,66
106	\$ 484.512,81	\$ 41.323,41	\$ 15.746,67	\$ 25.576,74
107	\$ 458.936,07	\$ 41.323,41	\$ 14.915,42	\$ 26.407,99
108	\$ 432.528,08	\$ 41.323,41	\$ 14.057,16	\$ 27.266,25
109	\$ 405.261,84	\$ 41.323,41	\$ 13.171,01	\$ 28.152,40
110	\$ 377.109,44	\$ 41.323,41	\$ 12.256,06	\$ 29.067,35
111	\$ 348.042,08	\$ 41.323,41	\$ 11.311,37	\$ 30.012,04
112	\$ 318.030,04	\$ 41.323,41	\$ 10.335,98	\$ 30.987,43
113	\$ 287.042,61	\$ 41.323,41	\$ 9.328,88	\$ 31.994,53
114	\$ 255.048,08	\$ 41.323,41	\$ 8.289,06	\$ 33.034,35
115	\$ 222.013,74	\$ 41.323,41	\$ 7.215,45	\$ 34.107,96
116	\$ 187.905,77	\$ 41.323,41	\$ 6.106,94	\$ 35.216,47
117	\$ 152.689,30	\$ 41.323,41	\$ 4.962,40	\$ 36.361,01
118	\$ 116.328,29	\$ 41.323,41	\$ 3.780,67	\$ 37.542,74
119	\$ 78.785,55	\$ 41.323,41	\$ 2.560,53	\$ 38.762,88
120	\$ 40.022,67	\$ 41.323,41	\$ 1.300,74	\$ 40.022,67

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta

1. Seleccione las situaciones a las que se ha enfrentado o son comunes, anote la técnica o técnicas con que las solucionan:

Contenido orgánico después de esterilización de superficies:

Desprendimiento de adhesivos:

Modificación de superficies: Pasivación de metales, aceros, entre otros:

Análisis del efecto plasma corona:

Manchas o decoloraciones:

Depósitos de corrosión superficiales:

Incrustaciones superficiales:

Problemas de sellado de polímeros:

Desprendimiento de recubrimientos:

Análisis de falla o causa raíz:

Contaminación superficial:

2. ¿Cuáles pruebas en el área de investigación y desarrollo o de calidad realizan en Costa Rica para materiales o químicas de superficie?
3. ¿Cuáles pruebas en el área de investigación y desarrollo o de calidad realizan fuera de Costa Rica en materiales o químicas de superficie?
4. ¿Con qué frecuencia realizan pruebas de superficie? (Indicar cuál es la más frecuente y cuál la menos frecuente)
5. ¿Cuáles pruebas en el área de investigación y desarrollo o de calidad representan el mayor gasto económico y cree que se podrían suplir dentro del país?
6. De las pruebas de superficie que realizan que monto pagan o podrían pagar?

7. ¿Les sería de utilidad, si el país contara con equipos de espectroscopía de análisis elemental superficial cuantitativo XPS? (Puede dar ejemplos de casos donde la podría utilizar).
8. ¿Si el país contara con un laboratorio certificado trazable al NIST en análisis química de superficie contrataría sus servicios?
9. ¿Qué facilidades necesitaría este país; sea en empresas, Universidad o Centros de Investigación para potenciar a mediano plazo el área de investigación y desarrollo en el campo de materiales y análisis para la industria médica?
10. ¿Qué limitaciones considera posee Costa Rica para solventar las necesidades de la industria médica en el país?
11. ¿Posee interés en mantenerse informados en un proyecto de investigación de este tipo?

Comentarios: (Puede dar ejemplos donde considera le sería útil la técnica)

Anexo 2. Cotización del XPS Specs y Thermo Fisher

Customized Systems
and Solutions

Nanostructures and
Thin Film Deposition

S P E C S[®]

Surface Analysis and
Preparation Components

Surface Science
Applications

SPECS Surface Nano Analysis GmbH · Voltstrasse 5 · D-13355 Berlin

Universidad de Costa Rica
Laura Robles Loaiza
Oficina de Suministros
Dep. de Adquisiciones
de las Install. Deportivas de
la Universidad de Costa Rica
200 m Este y 500 m Norte
Sabanilla de Montes de Oca
COSTA RICA

PROFORMA INVOICE

Number 141434 Page 1 of 11
Document Date 10.06.2014

Sales Dr. Alex Marco
Contact Dr. Violeta Simic-Milosevic
Telephone +49 30 467 824 9324
Fax +49 30 464 208 3
E-Mail Violeta.Simic-Milosevic@specs.com

CPT (Incoterms 2010)
Destination Alajuela

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
1	UHV System for Near Ambient Pressure XPS consisting of:	1	0	203.000,00	203.000,00

NAP XPS analysis chamber package:

- special μ -metal UHV chamber with flanges for hemispherical analyzer, x-ray source, x-ray monochromator, UV source, electron source, ion source, manipulator and sample transfer, connection to preparation chamber, pumping system, windows, spare flanges
- pumping system consisting of Turbo molecular pump type Pfeiffer HiPace 700 with Scroll pump as roughing pump and Titanium sublimation pump with LN2 cryo trap
- DN150CF gate valve in front of turbo pump
- full range BA and Pirani pressure gauge packages
- for base pressure better than 2E-9 mbar after 72 h bake-out and 48 h cool down, and final end pressure better than 5E-10 mbar.

Load Lock:

- fast access chamber with flanges for load lock door, sample transfer, pumping system and window
- fast access door
- pumping system consisting of Turbo pump type Pfeiffer HiPace 80 and Scroll pump type Varian SH 110 as roughing pump
- full range BA and Pirani pressure gauge

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
Anlagenstr. Charlottenburg 93 HRB 21390
Ust-IdNr. DE130954155
Street-Nr. 27/2/2373

Geschäftsführerin
Sharon Pelek

Deutsche Bank Berlin AG
BLZ 100 700 00 Konto-Nr. 8 252 005 00
Swift Code DEUTDE33
IBAN DE90 1007 0000 0829 2005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 2 of 11

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
	<ul style="list-style-type: none"> • packages • gate valve to analysis chamber • transfer rod for sample transfer <p>Complete UHV system package:</p> <ul style="list-style-type: none"> • system mounting frame, bake out components, electronics rack 				
2	4-axes (XYZP) Sample Manipulation	1	0		49.000,00
	<p><i>Each consisting of the Positions marked with *</i></p> <p>*1 17050101</p> <p>SPECS 4-axes Sample Manipulator specifications:</p> <ul style="list-style-type: none"> • X = ±12.5 mm linear shift • Y = ±12.5 mm linear shift • Z = 200 mm linear movement • P = ±180° polar rotation <p>non-magnetic sample holder</p> <ul style="list-style-type: none"> • applicable sample bias • integrated thermocouple type K <p>sample holder cooling</p> <ul style="list-style-type: none"> • liquid nitrogen cooling down to 100 K in UHV 	1			
	*2	1			
	<p>sample holder heating</p> <ul style="list-style-type: none"> • electron beam heating up to 600 °C in UHV only 	1			
	*3	1			
	<p>sample handling</p> <ul style="list-style-type: none"> • SH 2/12 type sample plates • sample size up to 12 mm x 12 mm • standard sample thickness 0.5 mm 	1			
3	17840141	1	0	4.060,00	4.060,00
	<p>PC-Package for SPM/XPS DELL Precision T3600 Workstation consisting of:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intel Xeon E5-1603 Processor • 4GB Memory • 320GB Hard Disk • Windows 32bit Operating System (Win7 or WinXP, depending on the control electronics connected) • Configuration with two DELL 22" TFT-Screens 	1	0	4.060,00	4.060,00

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
Anlagenstr. Charlottenburg 93 HRB 21390
Ust-IdNr: DE136561155
Steuernr. 27/22373

Geschäftsführer
Sharon Peetz

Deutsche Bank Berlin AG
BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 5 252 000 00
Swift Code DEUTDE33
IBAN DE90 1007 0000 0029 2020 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 3 of 11

Item	Part No.		Qty	VAT%	Price	Total\$
4	11751196	Gas Inlet System GI-1 consisting of: * high precision UHV gas inlet valve * gas line (CF16 flange) <u>Please note: No gas bottle included.</u>	2	0	2.940,00	5.880,00
5	11910152	Quadrupole Mass Spectrometer * Type EV2-120-000 with power supply * for residual gas analysis in UHV * Mass range 1...100 amu * Mounting port DN40CF (2.75") * Faraday cup and secondary electron multiplier-detector * Inclusive Software EasyView	1	0	10.780,00	10.780,00
6		PHOIBOS 150 1D-DLD Near Ambient Pressure Energy Analyzer Package for XPS, UPS, AES, SAM, ISS and LEIS consisting of: * PHOIBOS 150 hemispherical analyzer * Wide angle pre-lens with magnification factor of 7 and acceptance angle +/- 22° * Microvalve between pre-lens and lens * Four differential pumping stages * 1D-DLD one-dimensional delayline detector with chevron stack MCP * Controller with pre-amplifier, constant-fraction discriminators and USB 2.0-GPX TDC * HAS 3500 plus spectrometer control unit * SpecsLab data acquisition software * CasaXPS data processing software Specifications: * 150 mm analyzer mean radius * Mounting flange DN 200CF * Linear response due to single event counting * Dark count rate over all channels: < 7 cps * Detector read out frequency: > 12 MHz * Time resolution: < 240 ps absolute * Operating pressures: from UHV to 25 mbar * Full detector flexibility, retrofittable with all 1D, 2D and SPIN detectors <u>Please note: Pumps are not included!</u>	1	0	322.000,00	322.000,00

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
Amigenhof Charlottenburg 103 HRB 21300
UstIdNr. DE126564155
Skonto-Nr. 270/2373

Geschäftsführerin
Sharon Petek

Deutsche Bank Berlin AG
BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 8 260 006 00
Swift Code DEUTDE33
IBAN DE90 1007 0000 0628 2005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 4 of 11

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
	Alternative item to pos. 6 (not included in final price)				
7	PHOIBOS 150 2D-DLD Near Ambient Pressure Energy Analyzer Package for XPS, UPS, ARPES, AES, SAM, ISS and LEIS consisting of: <ul style="list-style-type: none"> • PHOIBOS 150 hemispherical analyzer • Wide angle pre-lens with magnification factor of 7 and acceptance angle +/- 22° • Microvalve between pre-lens and lens • Four differential pumping stages • 3D-DLD three-dimensional delayline detector with chevron stack MCP • Controller with pre-amplifier, constant-fraction discriminators and USB 2.0-GPX TDC • HAS 3500 plus spectrometer control unit • SpecsLab data acquisition software • CasaXPS data processing software Specifications: <ul style="list-style-type: none"> • 150 mm analyzer mean radius • Mounting flange DN 200CF • Linear response due to single event counting • Dark count rate over all channels: < 3 cps • Detector read out frequency: > 4 MHz • Time resolution: < 240 ps absolute • Operating pressures: from UHV to 25 mbar • Full detector flexibility, retrofittable with all 1D, 2D and SPIN detectors Please note: Pumps are not included!	0	0	378.000,00	
8	11901160 Differential Pumping system for PHOIBOS NAP including: <ul style="list-style-type: none"> • one turbopump Pfeiffer HiPace 700 • two turbopumps Pfeiffer HiPace 300 • one turbopump Pfeiffer HiPace 80 • four scroll pumps Varian SH 110 • four full range BA and Pirani pressure gauge packages 	1	0	107.800,00	107.800,00

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
 Amagerdahl Charloftenweg 93 HRB 21390
 Ust-Idr: DE 136594155
 Steuer-Nr. 27/22373

Geschäftsführerin
 Sharon Petric

Deutsche Bank Berlin AG
 BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 8 292 005 00
 Swift Code DEUTDE33
 IBAN DE90 1007 0050 0029 2005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 5 of 11

Item	Part No.		Qty	VAT%	Price	Total\$
9	18000081	<u>Monochromated X-Ray source package</u> <u>μ-FOCUS 600 NAP</u> The μ-FOCUS 600 NAP X-Ray monochromators enable high resolution XPS measurements in the laboratory at pressures up to 20 mbar. The design allows to mount the μ-FOCUS monochromators to different chamber sizes limited by the Rowland circle radius. The μ-FOCUS 600 NAP gives the possibility of best performance at small spot sizes and high pressures. Including μ-FOCUS 600 with XR 50 MF X-Ray source, CCX 60 isolation unit, XRC 1000 MF power supply and NAP extension. Please note: pumps are required.	1	0		193.900,00
		<i>Each consisting of the Positions marked with *</i>				
		*1 11902316 <u>μ-FOCUS 600 NAP X-Ray Monochromator</u> <ul style="list-style-type: none"> • μ-FOCUS 600 X-ray monochromator with XR MF high performance X-ray source • Mounting flange DN100CF • Al excitation line • Rowland Circle with 600 mm diameter • guaranteed spot size on the sample of: 200 μm • operation up to 25 mbar 	1			
		*3 11905115 <u>CCX-60 MF, Isolation Unit for μ-FOCUS</u> <ul style="list-style-type: none"> • Display of flow rate and water pressure • Safety interlock for cooling water • Particle filter and flow valve 	1			
		*4 11901810 <u>Power unit XRC 1000 MF</u> <ul style="list-style-type: none"> • Maximum power 1kV • Anode voltage 15 kV • Maximum emission current 66 mA • Digital display • With On/Off TTL input • Integrated safety interlocks for water flow, vacuum and high voltage. 	1			

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
 Ambergstr. Charlottenburg 93 HRB 21300
 USt-IdNr. DE136564155
 Steuer-Nr. 27/212373

Geschäftsführerin
 Sharon Patrik

Deutsche Bank Berlin AG
 BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 8 292 005 00
 Swift Code DEUTDE33
 IBAN DE30 1007 0000 0002 0005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 6 of 11

Item	Part No.		Qty	VAT%	Price	Total\$
10	17110022	Differential Pumping system for μ-FOCUS 800 NAP including: * one turbopump Pfeiffer HiPace 80 * Scroll Pump type Varian SH 110 * DN25 KF connection	1	0	16.940,00	16.940,00
11	60014909	Closed Loop Cooling System (Chiller) for μ-FOCUS * with two closed cooling circuits * circuit 1 (8 liter/minute at max. 1,5 bar) * circuit 2 (5 liter/minute at max. 1,2 bar) * cooling power 1000 W * circuit 1 for emergency operation in case of electric circuit failure * dimensions: width x depth x height = 530 x 580 x 740 mm with wheels	1	0	9.408,00	9.408,00
		Intermediate total				922.768,00
12		Installation * including 2 travel days and travel and accommodation costs * installation requirements will be provided	15,00	0	1.960,00	29.400,00
13		Shipping	1	0	21.000,00	21.000,00
14		1 Year additional warranty (3% of total value of the system)	1	0	28.000,00	28.000,00
		10% special discount for Universidad de Costa Rica				-92.277,00

SPCS Surface Film Analyze GmbH
Ansgarstr. 1
42699 Solingen
Germany
Tel: +49 212 3040-130
Fax: +49 212 3040-131

Deutscher Einzelhandel
Sonder-Park

Deutsche Einzelhandel AG
B.L. 100 750 00 - Kassa-Nr. 4 340 000 00
Sonder-Park GELF 0000
IBAN: DE 80 1007 0500 0005 0000 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 7 of 11

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
Optional items (not included in final price):					
15	FlexPrep - System Module for Sample Preparation	0	0	119.000,00	
	<i>Each consisting of the Positions marked with *</i>				
	* 17840057	1			
	Preparation Chamber for Sample Preparation:				
	<ul style="list-style-type: none"> • stainless steel spherical chamber, Ø238 • with flanges for ion sources, deposition sources, LEED optics, sample introduction, vacuum pumping system, pressure measurement, viewports and reserve flanges • manual gate valve at sample transfer port 				
	* 17840171	1			
	FlexVac pumping configuration for base pressure better than 5E-9 mbar after 72 h bake-out and 48 h cool down, and final end pressure better than 9E-10 mbar, complete with power supplies / controllers and cables.				
	<ul style="list-style-type: none"> • Titanium sublimation pump, type: Vacom TSP 150 with cryoshield, pumping speed: 480 l/s (N2) • Turbomolecular pump, type: Pfeiffer HiPace 400, pumping speed: 355 l/s (N2), mounting flange DN100CF, automatic vent valve • Scroll Pump, type: Agilent SH 110, pumping speed: 90 l/min 				
	* 17840053	1			
	UHV Gate Valve				
	• type: VAT, DN100CF, pneumatic				
	* 17840211	1			
	Sample transfer (active)				
	<ul style="list-style-type: none"> • magnetically coupled linear transfer rod with port aligner • system adapted translation travel • 360° polar rotation • active transfer tool for SH 2/12 type sample plates 				

SPES Surface Nano Analysis GmbH
Anfangstraße Charlottenburg 53 HRB 21399
Ust-ID: DE136554155
Steuer-Nr. 27/2/3373

Geschäftsführerin
Sharon Peck

Deutsche Bank Berlin AG
BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 8 292 005 00
Swift Code DEUTDE33
IBAN DE90 1007 0000 0029 2006 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 8 of 11

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
	* 17840001	1			
	UHV pressure measurement				
	• BARION Bayard-Alpert passive hot cathode ionisation gauge				
	• pressure range: 1E-10 to 1E-4 mbar				
	• mounting flange: DN40CF				
	• including controller and read-out				
	* 17350004	1			
	Electronics Rack				
	• 19" drawers for all electronics				
	• air cooling				
	• electric sockets				
	• mains switch and safety interlock				
	* 17840210	1			
	System Mounting Frame				
	• rigid Aluminium profile system frame				
	• with metal side and top covers				
	* 17840061	1			
	FlexBake bake-out package				
	for single system module				
	• flexible insulating bakeout cover				
	• rigid support framework				
	• Fan heaters for bakeout				
	• bakeout control unit with timer for max. bakeout time of 99 h				
16	4-axes (XYZP) Sample Manipulation	0	0	49.000,00	
	<i>Each consisting of the Positions marked with *</i>				
	* 17050101	1			
	SPECS 4-axes Sample Manipulator				
	specifications:				
	• X = ±12.5 mm linear shift				
	• Y = ±12.5 mm linear shift				
	• Z = 200 mm linear movement				
	• P = ±180° polar rotation				
	non-magnetic sample holder				
	• applicable sample bias				
	• integrated thermocouple type K				
	sample holder cooling				
	• liquid nitrogen cooling down to 100 K				
	* sample holder heating	1			
	• electron beam heating up to 800 °C				
	* sample holder heating	1			

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
 Antiquarisch Charlottenburg 50 HRB 21300
 Ust-Id-Nr. DE136554100
 Steuer-Nr. 27/22173

Geschäftsführern
 Sharon Petrik

Deutsche Bank Berlin AG
 BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. 8 282 005 00
 SWIFT Code DEUTDE33
 IBAN DE90 1007 0000 0629 2005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 9 of 11

Item	Part No.		Qty	VAT%	Price	Total\$
		sample handling				
		<ul style="list-style-type: none"> SH 2/12 type sample plates sample size up to 12 mm x 12 mm standard sample thickness 0.5 mm 				
17	18000161	IQE 11/35 3kV ion source package The IQE 11/35 is a very stable extractor type ion source operating with a long-lifetime special Yttrium oxide coated Iridium filament. It is a robust, compact and easy-to-handle source for sputter cleaning of samples in UHV. Including IQE11/35 ion source and PS-IQE11 A analog power supply.	0	0	11.900,00	
		<i>Each consisting of the Positions marked with *</i> *1 11867450	1			
		IQE 11/35 Ion Source <ul style="list-style-type: none"> extractor type ion source variable insertion length: 62.5 mm, 120 mm, 190 mm or 250 mm if necessary, a 24 mm adapter flange is included to accomodate port length suitable for inert or reactive gases beam currents up to 20 µA (Argon) Please note: Gas inlet system required.				
		*2 11867460	1			
		Analog Power Supply PS-IQE11 A 3 kV <ul style="list-style-type: none"> power supply for ion source IQE 11/35 ion energy range up to 3 keV emission current selectable 3 mA, 6 mA or 10 mA easy manual control 19" (W) x 88 mm (H) weight 10 kg 230/115 V, 70 VA, 50/60 Hz 				
18	11751196	Gas Inlet System GI-1 consisting of: <ul style="list-style-type: none"> high precision UHV gas inlet valve gas line (CF16 flange) Please note: No gas bottle included.	0	0	2.940,00	

Total 908.891,00

Total: USD Nine hundred eight thousand eight hundred ninety-one

For German tax use only: Tax-free supply of goods according to §4 no. 1a UStG.

SPECS Surface Nano Analysis GmbH
 Amagericht Charlottenburg 93 HRB 21319
 Ust-IdNr. DE136564155
 Steuer-Nr. 27/2-2373

Geschäftsführerin
 Sharon Patlak

SPECS™
 Surface Nano Analysis GmbH
 Voltastraße 5
 13125 Berlin / Germany
 T +49 30 46 78 24-0
 F +49 30 46 42 08
 www.specs.com
 Deutsche Bank Berlin AG
 BLZ 100 700 00 - Konto-Nr. # 290 005 00
 Swift Code DEUTDE33
 IBAN DE90 1007 0000 0029 2005 00

PROFORMA INVOICE

Number: 141434

Page 10 of 11

Item	Part No.	Qty	VAT%	Price	Total\$
------	----------	-----	------	-------	---------

Weights and Dimensions

Position 1: box1: gross weight: 538 kg, 157 x 147 x 167 cm, box 2: gross weight: 457 kg, 157 x 147x 97 cm
 Position 2: gross weight: 397 kg, 167 x 87 x 168 cm
 Position 3: gross weight: 30 kg, 80 x 60 x 67 cm
 Position 4: gross weight: 10 kg, 80 x 60 x 67 cm
 Position 5: gross weight: 40 kg, 80 x 60 x 67 cm
 Position 6: gross weight: 227 kg, 100 x 87x x 132 cm
 Position 7: gross weight: 227 kg, 100 x 87x x 132 cm
 Position 8: gross weight: 149 kg, 120x 80 x 85 cm
 Position 9: gross weight: 132 kg, 120 x 80 x 67 cm
 Position 10: gross weight: 100 kg, 120 x 80 x 85 cm
 Position 11: gross weight: 116 kg, 72 x 67x 114 cm
 Position 14: box1: gross weight: 538 kg, 157 x 147 x 167 cm, box 2: gross weight: 457 kg, 157 x 147x 97 cm
 Position 15: gross weight: 397 kg, 167 x 87 x 168 cm
 Position 16: gross weight: 18 kg, 80 x 60 x 67 cm
 Position 17: gross weight: 10 kg, 80 x 60 67 cm

Ordering, Delivery and Payment Terms

- All prices are net prices excluding customs and taxes.
- Goods remain the property of SPECS GmbH until all invoices are fully settled.
- Payment terms:
 - 20% at ordering, payable within 5 days from date of invoice
 - 40% at delivery, payable within 30 days from date of invoice
 - 40% at installation or at latest 3 months after delivery, payable within 30 days from date of invoice
- Delivery terms: CPT Customs Santamaria, Alajuela, Costa Rica
- The quote is valid for 60 days.
- Delivery time is 10-12 months after acceptance of drawings.
- Buyer has to ensure laboratory conditions according to Installation Requirements Document before delivery.
- Buyer has to provide a reasonable time slot for installation within 3 months after delivery.
- Seller provides a one year warranty on labor and parts on defects in material and workmanship, spare parts and consumable are excluded. Warranty period starts at delivery.
- Technical alterations are reserved by SPECS Surface Nano Analysis GmbH.
- This quote and subsequent orders are governed by German law.

Bank Details:

- Address: Deutsche Bank Berlin AG
Otto-Suhr-Allee 6-16
10585 Berlin
- IBAN DE90 1007 0000 0829 2005 00
- Swift Code DEUTDE33



SPECS Surface Nano Analysis GmbH
 Am Spiegelweg 95
 13355 Berlin
 Ust-IdNr.: DE133554155
 Steuer-Nr. 27/22373

Geschäftsführerin
 Sharon Petrik

Deutsche Bank Berlin AG
 BLZ 100 700 00 · Konto-Nr. 8 292 005 00
 Swift Code DEUTDE33
 IBAN DE90 1007 0000 0829 2005 00

ThermoFisher
SCIENTIFIC

System Proposal

K-ALPHA

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROMETER

PREPARED FOR:

Centro Nacional de Alta Tecnología CeNAT
Consejo Nacional de Rectores CONARE Apartado 1174-1200
San Jose, Costa Rica

Phone: [REDACTED]
Email: [REDACTED]

QUOTATION NUMBER: P9070-01KA
DATE: MARCH 11, 2019



Part #	Description	Price GBP
KAN-1.01	K-ALPHA X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROMETER	£ 300,133
ELECTRON ANALYSER, TRANSFER LENS AND DETECTOR		
Double-focusing hemispherical analyzer with multi-element input lens and 128-channel detector		
Type	125 cm mean radius, full 180° hemispherical analyser	
Operating mode	Constant Analyser Energy (CAE)	
Detector	128 channel position sensitive detector	
Energy range (kinetic energy)	5 - 1500 eV	
Minimum energy step size	3 meV	
Pass energy	1 - 400 eV continuously selectable	
Analysis modes	Scanned mode, snapshot mode, and SnapMap mode	
MICROFOCUSED MONOCHROMATED X-RAY SOURCE		
Type	0.25 m Rowland circle monochromator with micro-focused X-ray source	
Electron source	12 keV nominal operating voltage	
Anode	Water-cooled aluminium-coated anode	
Crystal	Single toroidal quartz crystal system with three degrees of freedom	
X-ray spot sizes	User selectable	
Maximum power	72 W (400 µm X-ray spot)	
Safety interlocks	High voltage, coolant, vacuum, and mechanical interlocks	
COMBINED LOW-ENERGY ELECTRON / ION FLOOD SOURCE FOR CHARGE NEUTRALISATION		
Low energy spread, high brightness electron source with high precision gas inlet for inert gas admission, and integral differential pumping		
Type	Pantimed dual-beam low energy electron / ion source	
Electron beam energy	0 - 5 eV	
Electron beam emission	Up to 250 µA	
Useable gases for ion flood	Inert gases. Argon is recommended.	
ARGON ION SOURCE FOR DEPTH PROFILING, SPECIMEN CLEANING		
High precision leak rate gas inlet. Differential pumping Automated beam alignment and focusing		
Type	EX06 series differentially pumped electron impact source with dual electrostatic lenses and floating flight tube	
Gases used	Ar, He, Ne, Xe (argon recommended)	
Beam energy	100 eV to 4 keV	
* Maximum Ar beam current	≥ 4 µA at 3 keV	
Spot size @ 3.5µA and 3 keV	≤ 500 µm	
Beam deflection	Steerable by electrostatic deflector plates and controlled by electronic scan unit.	
Chamber pressure	Typically better than 2×10^{-7} mbar	
SPECIMEN VIEWING		
High performance colour optical system for precise alignment of analysis position. Three alignment views are always available: Platber View: Automatically recorded image of the sample holder in the loadlock, used to navigate between the samples mounted on the holder. Reflex Optics View: Live, high-magnification view of the analysis position for alignment of features on the sample with the analysis position. Height Setting View: Live, high-magnification view of the analysis position, used to ensure that the sample is at the correct working distance from the photoelectron transfer lens. Two types of sample illumination are provided: Off-Axis: Used for samples having a rough surface.		

	22" LCD Widescreen Monitor																	
	SOFTWARE																	
	Average Data System software package with full control of																	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ All aspects of XPS data acquisition (including spectra, SAXPS, line scans, maps, depth profiles) ■ Lighting and optical system ■ Sample transfer and stage control ■ Wide range of XPS data processing capabilities ■ Report generation ■ Calibration and alignment of sources, analyser and detector ■ All electronics ■ Vacuum system 																	
	Additional Supplied Average Licenses (2)																	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 Average Acquisition & Processing License for the instrument computer ■ 1 Additional Average Processing License data processing 																	
	64-bit Microsoft Windows™ supplied and installed																	
KAN-4.01	COMBINED SINGLE PHASE POWER TRANSFORMER AND UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY	£ 7,782																
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Supports input voltages of 200 - 240 V and Protects instrument from power failure 																	
KAN-4.02B	CLOSED CIRCUIT WATER CHILLER	£ 5,572																
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Water chiller unit with 1000 W @ 20°C cooling capacity ■ Water temperature regulator and flow control 																	
KAN-2.02	TWO YEARS CONSUMABLES AND SPARES PACKAGE	£ 13,887																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Quantity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ X-ray anode kit</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>■ Emitter kit</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>■ Flood gun filament kit</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>■ EXOS Filament kit</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>■ Channel plate kit</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>■ Sublimation pump filament kit</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>■ General seal set</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Quantity	■ X-ray anode kit	2	■ Emitter kit	2	■ Flood gun filament kit	2	■ EXOS Filament kit	2	■ Channel plate kit	1	■ Sublimation pump filament kit	2	■ General seal set	1	
Item	Quantity																	
■ X-ray anode kit	2																	
■ Emitter kit	2																	
■ Flood gun filament kit	2																	
■ EXOS Filament kit	2																	
■ Channel plate kit	1																	
■ Sublimation pump filament kit	2																	
■ General seal set	1																	
KAN-3.03	ON-SITE APPLICATIONS TRAINING COURSE (Three Days)	£ 9,564																
	The price includes																	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Travel costs and accommodation for Thermo Engineer ■ The application scientist's or engineer's time and materials 																	
	This training course is provided to at the customer's site (recommended up to 6 attendees per course). This training is custom to the customer's requirements, and a suitable timetable will be agreed either before or at the start of such a course. The timing of such training courses will normally be agreed between the customer and applications laboratory personnel for a mutually convenient time, typically a few months after the system has been accepted to allow for familiarization with the general operation of the instrument.																	
	On-site training courses must be used within 2 years of the instrument being installed, unless prior agreement is made.																	
KAN-3.01	INSTALLATION	£ 18,024																
	Installation performed by engineering staff trained and authorized by Thermo Fisher Scientific will follow successful completion of the site survey by the buyer confirming that the requirements of the Site Preparation Guide are met and will comprise the following																	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Unpacking and assembly of the instrument to the layout detailed in the current specification documents. System start-up and basic functionality testing. Operation and performance testing 																	
	SUBTOTAL	£ 356,062																
	THERMO FISHER CONTRIBUTION FOR ACADEMIC INSTITUTION	- £ 17,803																
	FINAL TOTAL FCA FACTORY	£ 338,259																
	Page 4 of 9																	

ADDITIONAL OPTIONAL ITEMS

KAN-4.03	 <ul style="list-style-type: none"> Signal light indicator to show when the X-rays are being used. 	€ 1,612
KAN-4.07	DRY BACKING PUMP OPTION FOR K-ALPHA <ul style="list-style-type: none"> Oil-free backing pump to replace the standard rotary vane pump on K-Alpha. 	€ 3,842
KAN-5.01	EACH ADDITIONAL MULTI-SPECIMEN MOUNTING PLATE  <ul style="list-style-type: none"> In addition to 3 (three) supplied as standard with system purchase 80 mm x 60 mm Stainless Steel Plate 9 Engraved Lettered Sample Areas 36 Holes for Sample Holder Clips Pack of 10 sample clips 	€ 577
KAN-5.02	EACH ADDITIONAL POWDER SPECIMEN MOUNTING PLATE  <ul style="list-style-type: none"> In addition to 1 (one) supplied as standard with system purchase 60 mm x 60 mm Copper Plate 9 Engraved Lettered Sample Areas 9 Indentations For Powder samples Troughs surrounding indentations to prevent cross contamination 	€ 464
KAN-5.03	EACH ADDITIONAL ROTATION SAMPLE MOUNTING PLATE SET  <ul style="list-style-type: none"> In addition to 1 (one) set supplied as standard with system purchase Includes three rotation sample mounting plates Includes a Pack of 10 sample clips Used for rotating samples during depth profiling. 	€ 345
KAN-5.04	TILT MODULE SAMPLE HOLDER  <ul style="list-style-type: none"> Allows analysis of samples while at variable angles Tilt range -90° to +90° Automatic alignment at each angle 	€ 7,525
KAN-5.06	EACH ADDITIONAL ROTATION COMBINATION MOUNTING PLATE  <ul style="list-style-type: none"> In addition to 1 (one) supplied as standard with system purchase Allows additional samples when the rotation holders are used. 	€ 388
KAN-5.07	SAMPLE BIAS MODULE  <ul style="list-style-type: none"> Sample holder allowing a bias voltage to be applied to the sample area to facilitate measurement of the work function of samples. The supplied holder also includes a mounted gold foil standard for calibration and a set of sample clips. Maximum specimen thickness 5 mm 	€ 5,916
KAN-5.08	VACUUM TRANSFER MODULE  <ul style="list-style-type: none"> Sample holder allowing samples to be transferred under vacuum into the system. Samples can be prepared in an inert environment, put into the holder, pumped down (pump not included) and then transferred into the K-Alpha under vacuum. The supplied holder also includes a set of sample clips, and spare seals. Maximum specimen thickness 9 mm 	€ 5,916
KAN-6.01		€ 3,461

ADDITIONAL TRAINING		E 11,531
K-ALPHA-3.02	<p>IN-FACTORY APPLICATIONS TRAINING COURSE A place on a 4½ day operations and applications training course at the Thermo Fisher Scientific Surface Analysis Factory, East Grinstead, UK, comprising:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ All training and training materials ■ Accommodation (bed and breakfast only) ■ Lunch during the course ■ Travel between factory and hotel, where appropriate <i>(Note: international travel, and transfer between airport and hotel is not included)</i> <p>■ Courses are run at least 2 times per year, and are performed by the factory-based applications team. This training course is provided to groups of customers (generally between 4 to 6 attendees per course). We would suggest that customers attend a few months after the system has been accepted to allow for familiarization with the general operation of the instrument prior to attending such a course. This is a general course, but allows customers to gain advice on particular sample analysis as time is set aside for individual analysis sessions. Notification of training course dates will be provided well in advance.</p> <p>Please note</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Due to specific configurations of systems, applications training may not be possible on some optional components. ■ Places on factory training courses must be used within 2 years of the instrument being installed, unless prior agreement is made. 	

<p>SPECIAL TERMS Please note that "Thermo VG Scientific" and "Thermo Electron Corporation" are trading names of Thermo Fisher Scientific.</p> <p>PRICE AND DELIVERY POINT Prices are Pound Sterling budgetary prices, FCA Factory, Brno, Czech Republic. These prices are transfer prices, exclusive of installation labor warranty, local duties and taxes.</p> <p>VALIDITY This quotation will remain valid for acceptance for a period of 30 days from the date hereof. All orders placed for equipment contained in this quotation are subject to final acceptance by Thermo Fisher Scientific.</p> <p>DELIVERY Typical delivery will be 12 weeks from receipt of your official order, together with any applicable and specified advance payment as detailed in the Terms of Payment. Shorter delivery time may be available. Please inquire at time of purchase.</p> <p>PAYMENT Payment of the total purchase price shall be in the amounts and at the times specified below: 50% as an advance payment, payable against presentation of commercial invoice. 50% payable against presentation of invoice together with documents evidencing shipment.</p> <p>Payment shall be made in Sterling by bank transfer to our nominated UK bank account and not later than 30 days after the presentation of our invoice. Payments will be considered overdue if not received within this period and we reserve the right to apply interest penalties for late payments, accruing monthly and at the rate of 1.5% per month over Bank of England base rate as well as all costs and expenses including any legal fees and expenses incurred by Thermo Fisher Scientific in collecting overdue amounts or otherwise enforcing its rights under these terms and conditions.</p> <p>EXPORT This offer is made subject to the granting of export licenses and permits, if required, by the relevant regulatory authorities.</p> <p>INSTALLATION Installation is included.</p> <p>WARRANTY The total warranty period is 12 months from acceptance of the instrument.</p> <p>Signed on behalf of Thermo Fisher Scientific</p>  <p>Thermo Fisher Scientific William D. Sgammato Americas Sales Manager Surface Analysis Products TEL: 508 479 6623 Email: wfs.sgammato@thermofisher.com</p> <p>All correspondence should be addressed to the above contact.</p>	
Page 7 of 9	

Anexo 3. Test de roles

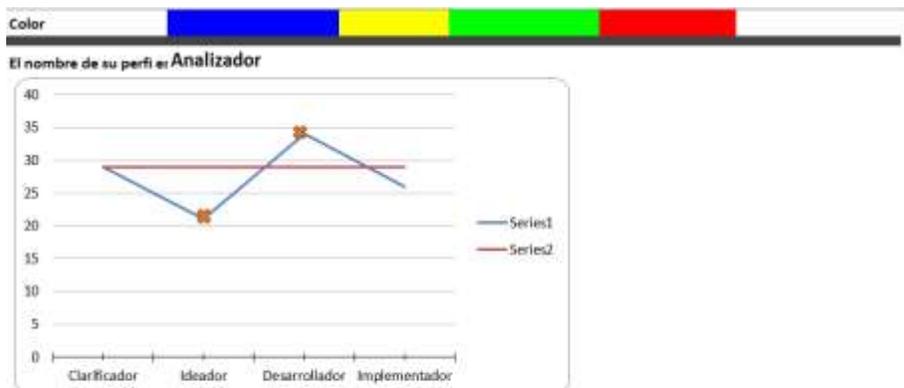


Test de roles

Instrucciones
A Lea con atención cada aspecto de la lista.
B De acuerdo con la escala descrita a continuación, marque con una "X" la casilla que mejor describe su actitud con respecto a
 TD = Totalmente en Desacuerdo; D = Desacuerdo; I = Indiferente; A = Acuerdo; TA = Totalmente de Acuerdo
NO existen respuestas incorrectas, ante todo sea honesto en sus respuestas

Aspecto	TD =	D =	I =	A =	TA =
	Totalmente en Desacuerdo	Desacuerdo	Indiferente	Acuerdo	Totalmente de Acuerdo
1 Generalmente no abordo los problemas de una manera creativa				X	
2 Me gusta evaluar y revisar mis ideas antes de generar una solución o					X
3 Me gusta tomarme el tiempo para determinar exactamente la naturaleza				X	
4 Me agrada tomar los pasos o medidas necesarias para poner en acción				X	
5 Me gusta fragmentar un problema grande y examinar sus partes				X	
6 Encuentro difícil generar ideas inusuales para resolver un problema				X	
7 Me gusta identificar los factores más relevantes correspondientes al					X
8 No tengo el temperamento para relajarme y aislar las causas		X			
9 Disfruto encontrar formas únicas de ver un problema			X		
10 Me gusta encontrar los pros y contra relacionados con una posible					X
11 Antes de implementar una solución me gusta fraccionarla en pasos				X	
12 Trasformar ideas en acciones no es algo que me gusta hacer		X			
13 Me gusta generar criterios que puedan usarse para identificar la(s)				X	
14 Disfruto dedicar tiempo para mirar más allá de primera impresión del			X		
15 No suelo gastar mucho tiempo enfocándome o definiendo el problema		X			
16 Me gusta enfrentarme a una situación solamente con una impresión	X				
17 Disfruto trabajar sobre problemas indefinidos o novedosos			X		
18 Cuando trabajo en un problema me gusta identificar la mejor forma de				X	
19 Disfruto hacer que las cosas pasen				X	
# Me gusta enfocarme en la creación de un enunciado preciso del			X		
21 Disfruto ampliar mi imaginación para producir muchas ideas			X		
# Me gusta enfocar la información clave cuando me encuentro en una				X	
# Disfruto tomar el tiempo para perfeccionar una idea				X	
# Me es difícil llevar mis ideas a un bien término			X		
# Disfruto convertir las ideas iniciales en soluciones concretas				X	
# Me gusta pensar en todos los detalles necesarios para implementar					X
# Realmente disfruto implementar una idea				X	
# Antes de avanzar me gusta entender claramente el problema				X	
# Me gusta trabajar con ideas únicas		X			
# Disfruto poner mis ideas en acción			X		
31 Me gusta explorar las fortalezas y debilidades de una solución				X	
# Disfruto obtener información para identificar la causa-raíz de un				X	
# Disfruto el análisis y esfuerzo que lleva transformar una idea básica en				X	
# Mi tendencia natural es no generar muchas ideas sobre un problema		X			
# Disfruto usar metáforas y analogías para generar nuevas ideas para un			X		
# Yo tengo poca paciencia para esforzarme por refinar y pulir una idea		X			
# Yo tiendo a buscar una solución rápida y luego ponerla en práctica		X			

Instrucciones
C Una vez que ha respondido todas las preguntas, pase a la pestaña 2 "Resultado" y observe su perfil.



Instrucciones
D Observe sus resultados y transcriba en el documento: Resultados Test de roles y Expertos
D1 Analizador
D2 Marque con una "x" los ejes donde se evidencia un pico o predominancia
E Suba este documento al Drive /Fase Azul I-2015 / Tareas / S4 Pictb, Test de roles y Experto

Anexo 4. Ficha de colaboradores



FICHA DE COLABORADORES

Colaboradores actuales en el proyecto:

Nombre	Formación / Experiencia	Habilidades	Rol
María Fernanda Luna Muñoz	Estudiante egresada de la carrera de Ingeniería Química	Metódica, Ordenada, Organizada, Estructurada, Social, Adaptable	Creadora del proyecto

(Agregar más filas si es necesario)

Colaboradores deseables para el proyecto a corto plazo:

Formación / Experiencia	Habilidades	Rol Deseable
Ingeniero con experiencia en el área espectroscopia	Serio, Organizado, Precavido, Realista, Ordenado	Implementador, finalizador
Experiencia en administración de negociaciones o evaluación de proyectos	Serio, Planificador, Precavido, Decisivo, Realista, Ordenado	Desarrollador
Formación en el área de I + D, calidad o materiales de diferentes empresas de dispositivos médicos	Imaginativo, Orientado a la acción, Serio	Optimista

Anexo 5. Definición de segmentos



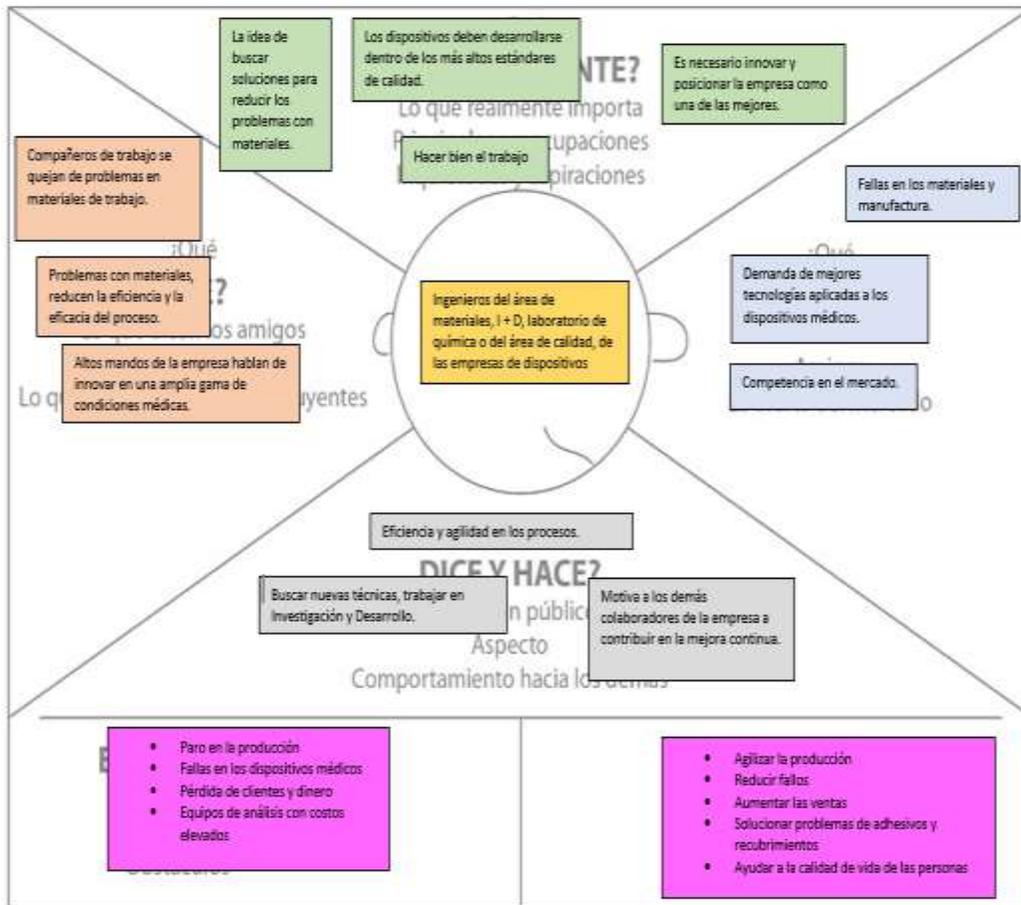
NOMBRE DEL PROYECTO: Laboratorio de espectroscopia XPS (LABESCA)

Sector	Empresas de Dispositivos Médicos con XPS en el extranjero (Ciencias de la vida)	Empresas de Dispositivos Médicos sin XPS, pero con otros equipos alternativos (Ciencias de la vida)	Empresas de Dispositivos Médicos sin XPS, y sin equipos alternativos (Ciencias de la vida)	Laboratorios e Centros de Investigación de Universidades	Empresas de manufactura avanzada (Semiconductores y celdas solares)
Usuario Final	Ingenieros del área de I+D y materiales	Ingenieros del área de I+D y materiales	Ingenieros del área de I+D y materiales	Investigadores, Profesores y estudiantes con tesis.	Ingenieros del área de materiales.
Aplicación	Solucionar problemas de adhesivos y recubrimientos en los dispositivos. Así como investigar nuevos biomateriales.	Solucionar problemas de adhesivos y recubrimientos en los dispositivos. Así como investigar nuevos biomateriales.	Solucionar problemas de adhesivos y recubrimientos en los dispositivos. Así como investigar nuevos biomateriales.	Agilizar y aumentar las investigaciones científicas. Obtención de resultados con mayor rapidez y veracidad.	Solucionar problemas de corrosión y recubrimientos. Así como investigar nuevos materiales.
Ventajas	Gran cantidad de empresas de dispositivos médicos en el país. Acelera la producción en las empresas. Se disminuyen los tiempos de espera.	Gran cantidad de empresas de dispositivos médicos en el país. Acelera la producción en las empresas. Se disminuyen los tiempos de espera. No poseen el equipo.	Gran cantidad de empresas de dispositivos médicos en el país. Acelera la producción en las empresas. Se disminuyen los tiempos de espera. No poseen el equipo.	Innovación en los proyectos científicos y resultados más rápidos.	Innovación en los materiales que se utilizan. Herramienta útil para acelerar la producción en las empresas.
Clientes referentes	Boston Scientific.		Establishment Labs	Estudiantes, profesores e investigadores. UNA, TEC, UCR.	INTEL
Características del Mercado	Los análisis requieren certificaciones. Las negociaciones son de alto nivel.	Los análisis requieren certificaciones. Las negociaciones son de alto nivel.	Los análisis requieren certificaciones. Las negociaciones son de alto nivel.	Enfocado en la personalización, en la innovación.	Enfocado en la máxima calidad de los resultados. Los análisis requieren certificaciones.
Socios					
Competidores	Casas matrices de las empresas en el extranjero. Otros laboratorios en el extranjero que brindan el servicio.	Otros laboratorios en el extranjero que brindan el servicio.	Otros laboratorios en el extranjero que brindan el servicio.		Casas matrices de las empresas en el extranjero. Otros laboratorios en el extranjero que brindan el servicio.
Alternativas	Enviar muestras a su casa matriz en el extranjero. Hacer otros análisis que se acerquen al resultado, pero sin llegar a la certeza.	Hacer otros análisis que se acerquen al resultado, pero sin llegar a la certeza.	Hacer otros análisis que se acerquen al resultado, pero sin llegar a la certeza.	Hacer otros análisis que no brindan la información del XPS.	Hacer otros análisis que no brindan la información del XPS.

Anexo 6. Segmento y Perfil inicial

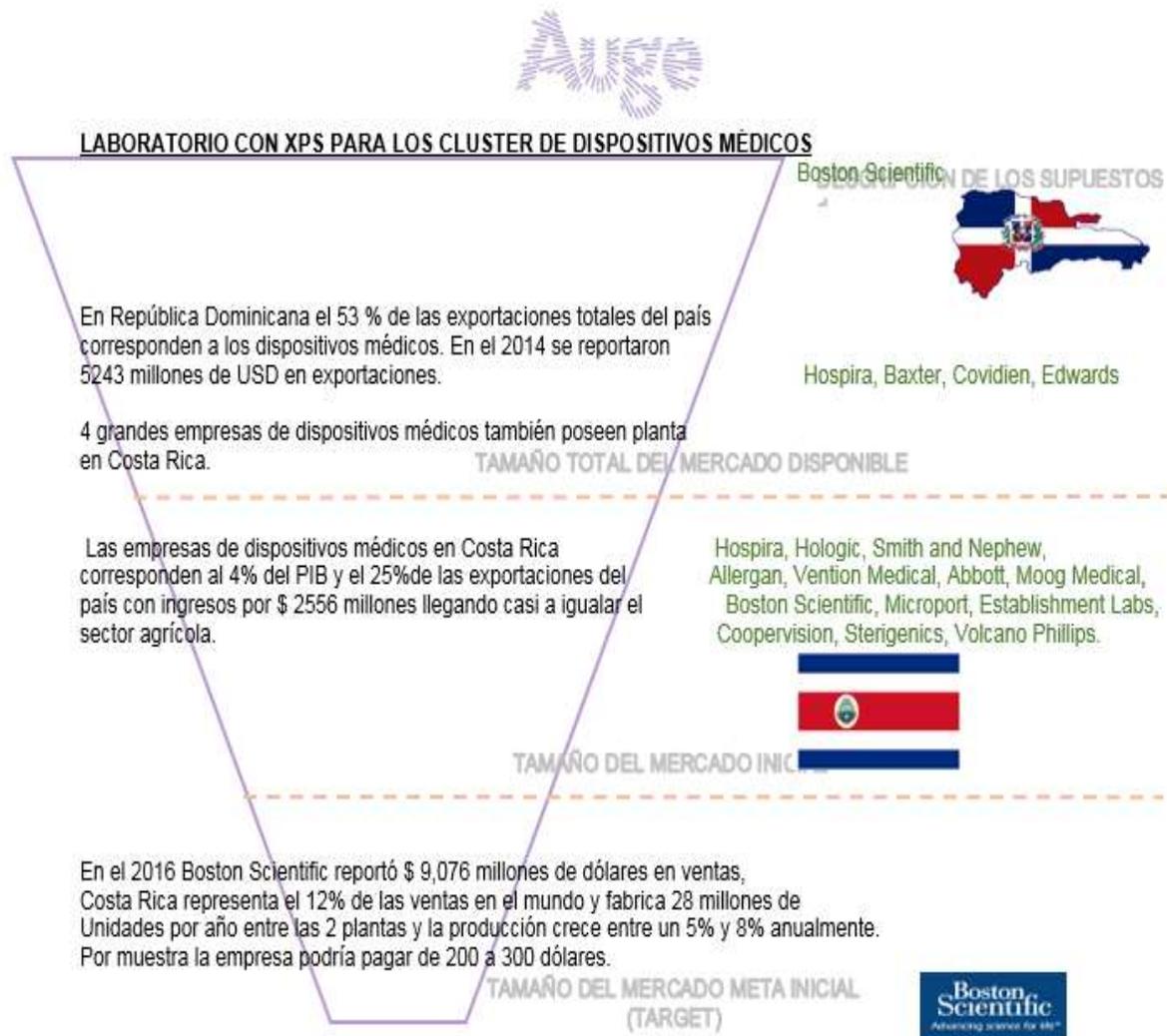


NOMBRE DEL PROYECTO: Laboratorio de espectroscopia XPS (LABESCA)



Herramienta diseñada por XPLANE

Anexo 7. Tamaño de mercado estimado



Anexo 8. Validación de las necesidades de los clientes

VALIDACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

Hasta el momento se han entrevistado 5 personas relacionadas con el tema, que laboran para distintas empresas de dispositivos médicos: Establishment Labs, St. Jude Medical, Abbott, Volcano y Boston Scientific. Tres de estas empresas no realizan ningún tipo de prueba de superficie en Costa Rica, ya que se dedican exclusivamente a manufactura. Las otras dos empresas si realizan proyectos de I+D y utilizan técnicas de superficie en el país, para solucionar fallos en los materiales, adhesivos o recubrimientos.

Algunas empresas como Boston Scientific poseen un laboratorio propio con técnicas de superficie, pero ninguno posee espectroscopia XPS, al menos en el país, ya que hay algunas casas matrices en el extranjero que tienen el equipo. Hay otras empresas que todos los servicios de laboratorio o pruebas de superficie los contratan a terceros.

A la hora de realizar las entrevistas, muchas veces es necesario explicar detalladamente en que consiste la técnica XPS, ya que hay un poco de desconocimiento de tal. Cuando las personas relacionadas con el tema comprenden el uso, le ven la aplicabilidad en su trabajo.

La frecuencia con que utilizarían la técnica no es muy clara a la hora de hacer las entrevistas, ya que su uso radica en problemas que surjan en la empresa, sin poder determinar una frecuencia exacta.

Todas las empresas coinciden en qué si en Costa Rica se contara con un laboratorio con espectroscopia XPS, este debe contar con normas de calidad para el contrato de sus servicios, ya que al ser dispositivos médicos se deben cumplir altos estándares de calidad.

También todas las empresas están de acuerdo en que a Costa Rica le hacen falta equipos para Investigación y Desarrollo, también un proceso de solicitud de servicios menos burocrático para obtener resultados más rápidos. En recurso humano, se necesita más investigación en esta área, más conocimiento de diferentes técnicas utilizadas en materiales. También es necesario que el recurso humano conozca de los reglamentos, certificaciones y requisitos dentro del área de la industria médica.

Anexo 9. Trabajos por hacer



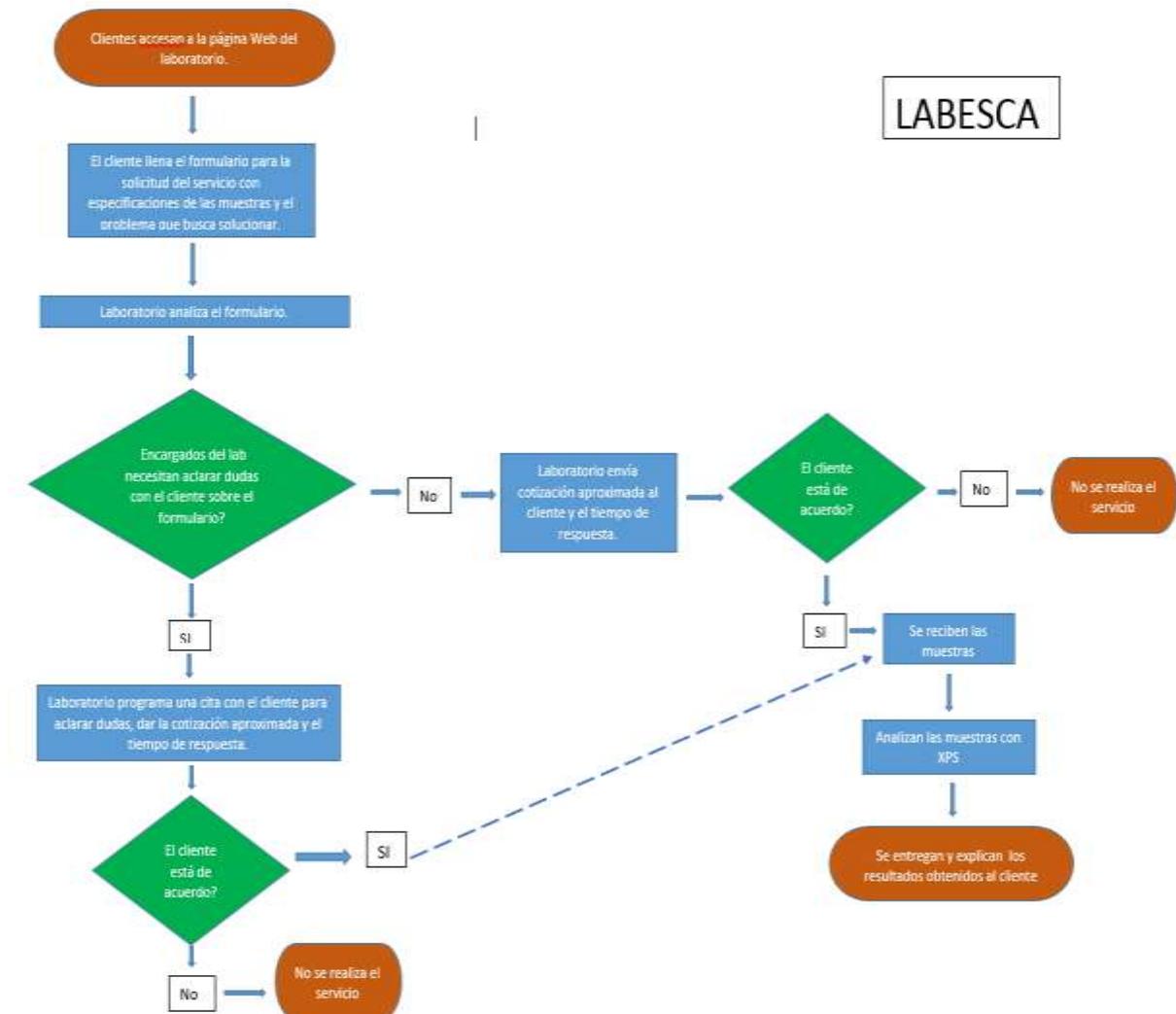
PROYECTO DE EMPRENDIMIENTO:

LABESCA (Laboratorio de espectroscopia XPS)

CANVAS DE TRABAJOS POR HACER (JOBS TO BE DONE)

PERSONA ¿QUIEN?	+	ACCION ¿QUÉ REQUIERE QUE SE HAGA?	+	CONTEXTO ¿DÓNDE O CUANDO?	=	RESULTADOS ESPERADOS		
						Resultado Funcional	Resultado Emocional	Resultado Social
Ingenieros de calidad, materiales e investigación y desarrollo de empresas de dispositivos médicos con XPS en el extranjero.	+	Necesitan realizar pruebas de caracterización de materiales en la superficie para resolver problemas e <i>innovar.</i>	+	Tiempos de respuesta más rápidos que en el extranjero. Laboratorio instalado en Costa Rica.	=	Solución casi inmediata de los problemas. Evitar errores	Autorealización, tranquilidad y destacarse	Renombre mundial
Ingenieros de calidad, materiales e investigación y desarrollo de empresas de dispositivos médicos sin XPS, pero con equipos alternativos.	+	Necesitan realizar pruebas de caracterización de materiales en la superficie para resolver problemas e <i>innovar.</i>	+	Tiempos de respuesta más rápidos que con los equipos alternativos. Laboratorio instalado en Costa Rica.	=	Solución casi inmediata de los problemas. Evitar errores	Autorealización, tranquilidad y destacarse	Renombre mundial
Ingenieros de calidad, materiales e investigación y desarrollo de empresas de dispositivos médicos sin XPS y sin equipos alternativos.	+	Realizar pruebas de caracterización de ante dudas de algún material para manufactura.	+	Tiempos de respuesta más rápidos. Laboratorio instalado en Costa Rica.	=	Evitar errores	Autorealización, tranquilidad y destacarse	Renombre mundial
Investigadores de Universidades y laboratorios.	+	Realizar pruebas de caracterización de materiales, para agilizar las investigaciones. Incrementar el nivel de las investigaciones y aumentar su complejidad.	+	Laboratorio en Costa Rica.	=	Elevar el nivel de las investigaciones	Innovación. Destacarse.	Solucionar problemas de interés nacional y sobresalir en el extranjero.

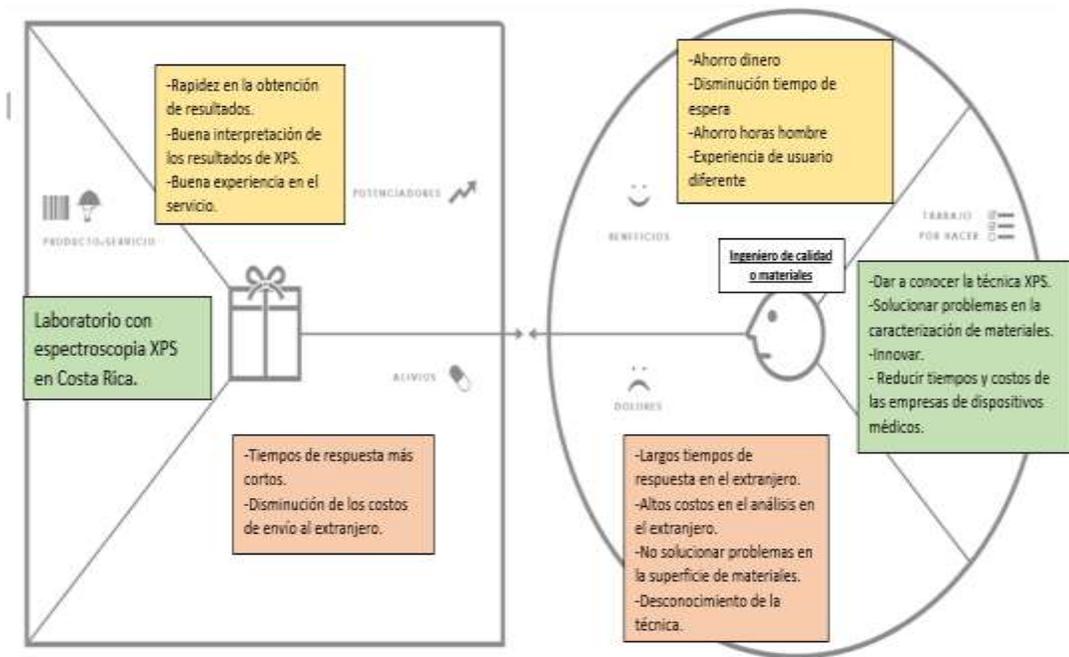
Anexo 10. Caso de uso



Anexo 11. Propuesta de Valor



NOMBRE DEL PROYECTO: LABESCA

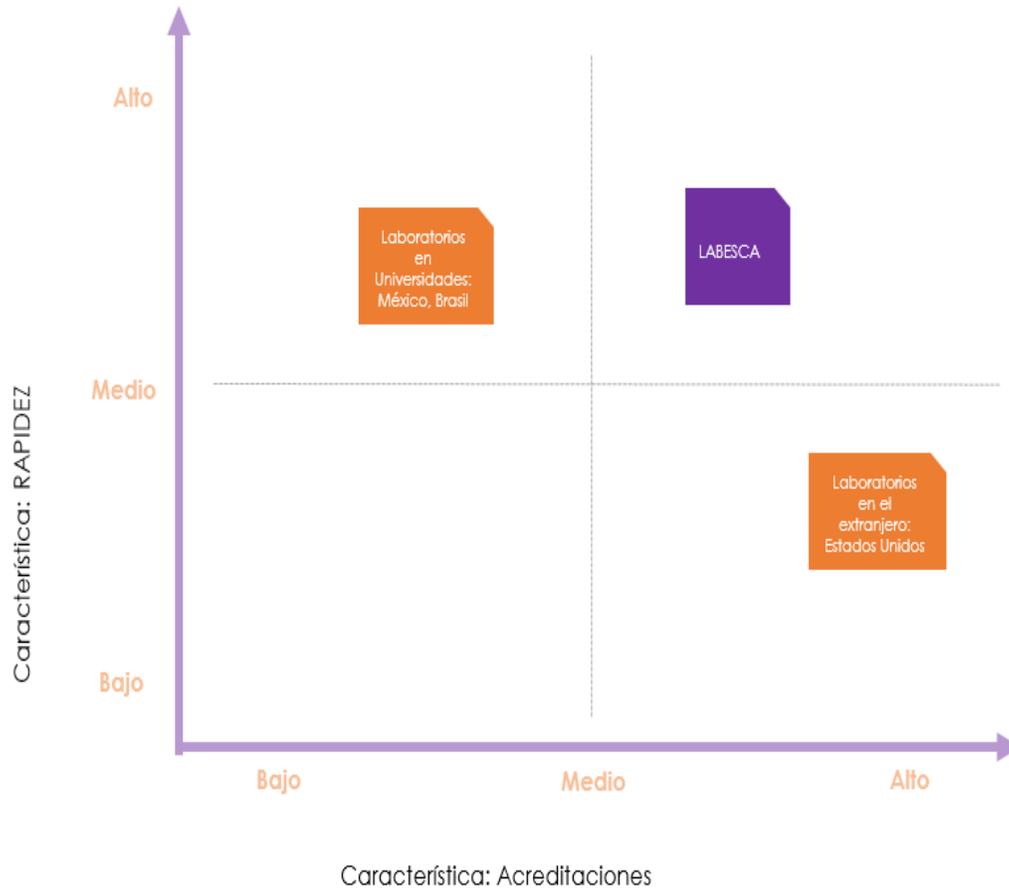


Anexo 12. Posición competitiva



POSICIÓN COMPETITIVA

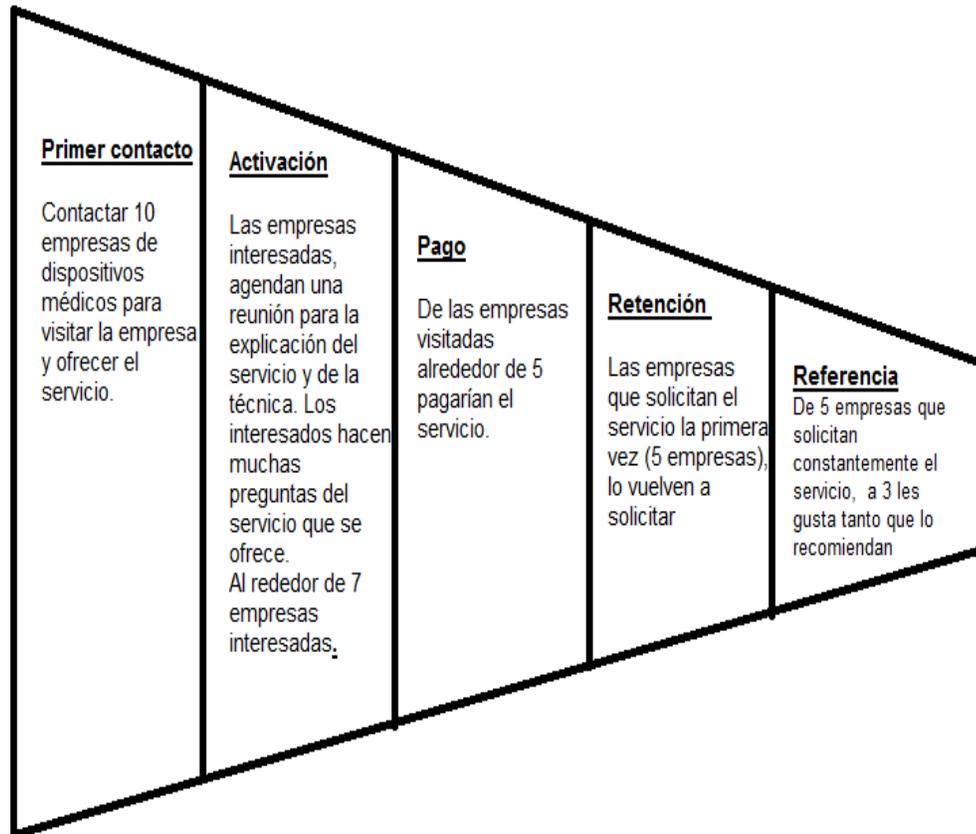
NOMBRE DEL PROYECTO: LABESCA



Anexo 13. Proceso de adquisición de clientes

EMBUDO DE ADQUISICIÓN: Para un año

Motor de crecimiento Pegajoso



Anexo 14. Evidencias de experimentación

ENTREGABLE FINAL: EVIDENCIAS DE EXPERIMENTACIÓN

El experimento se realizó mediante la explicación del servicio por medio de una presentación de Power Point que se le expuso a diferentes expertos en materiales de las empresas productoras de dispositivos médicos, en la cual se fue explicando el servicio que se quiere brindar, las ventajas, aplicaciones, los requisitos para solicitarlo, tiempo de espera y las garantías ofrecidas.

La presentación se realizó a un total de 8 empresas, con personal encargado de los laboratorios de caracterización superficial, explicándoles todo lo anterior y haciendo énfasis en los dolores que poseen sus empresas respecto a la falta de este servicio en nuestro país. Dada la situación actual, el proyecto recibió muy buena aceptación por parte de este grupo de empresas y todas coincidieron en que harían uso del servicio.

Como aprendizajes obtenidos, se destaca que hay un gran desconocimiento técnico de las técnicas de caracterización superficial por lo que es importante contar con esa información lo más clara y detallada posible, para poder explicarle a los clientes. Otro aspecto importante a tener en consideración es, explicarles a las empresas el uso de la técnica mediante aplicaciones o ejemplos para lograr una mejor comprensión de la misma.

Finalmente, se destaca también que es fundamental contar con los precios aproximados si contrataran el servicio, ya que a los clientes les interesa conocer en detalle el costo del servicio, y al explicar esto, se facilita la visibilidad del costo de cada servicio, así como el valor agregado que este posee si se utiliza en el país.

Anexo 15. Certificado de conclusión de la Fase Amarilla

Confiere el presente certificado de participación a

María Fernanda Luna Muñoz

Por haber completado satisfactoriamente la Fase Amarilla 2018,
Otorgado en la Casa Emprendedora María Teresa Obregón,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "DRS", is written over the printed name of the coordinator.

David Ramírez Szpigel
Coordinador de Programa de Incubación Auge