



**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Maestría en Ingeniería Mecatrónica**

Propuesta de una Metodología para establecer la transferencia tecnológica que permita una mejor explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfiles PJ-H3000.

**Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en  
Ingeniería Mecatrónica**

**Isol Haillet Lara Blanco**

**Julio, 2012**



**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Maestría en Ingeniería Mecatrónica**

Propuesta de una Metodología para establecer la transferencia tecnológica que permita una mejor explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfiles PJ-H3000.

**Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en**  
**Ingeniería Mecatrónica**

Autor:

**Ing. Isol Haillet Lara Blanco**

Tutores:

**Dr. C.T. Ing. Roberto Ballesteros Horta**

**Dr. C.T. Ing. Norge Isaías Coello Machado**

**Julio, 2012**

## **RESUMEN**

En el laboratorio de Metrología del Taller de Máquinas Herramientas del Departamento de Mecánica del IUT RC “Dr. Federico Rivero Palacio”, no existe una metodología adecuada para utilizar o explotar las posibilidades y flexibilidad existentes, que ayude a identificar las características y propiedades metrológicas de los equipos que debido a su complejidad, diversidad y difícil interpretación no facilita su apropiado uso. Se presenta la propuesta de una metodología, con una planificación de actividades necesarias para lograr la transferencia tecnológica del Proyector de Perfil PJ-H3000F y generalizar sus aplicaciones sobre la base del acceso a la información de la señal que brinda la misma.

ÍNDICE GENERAL

Introducción .....	6
Capítulo 1. Aplicaciones Metrológicas del Proyector de Perfil.....	12
1.1. Metrología .....	12
1.1.1. La Metrología Dimensional .....	13
1.1.2. Clasificación de las mediciones dimensionales.....	14
1.2. Dispositivos de Medición .....	14
1.3. Propiedades de los Dispositivos de Medición .....	16
1.3.1. Indicación: (4.1) .....	17
1.3.2. Intervalo de medida (4.7) .....	18
1.3.3. Condición Nominal de Funcionamiento (4.9) .....	18
1.3.4. Resolución (4.14) .....	18
1.3.5. Deriva instrumental (4.21).....	18
1.3.6. Variación debida a una magnitud de influencia (4.22).....	18
1.3.7. Incertidumbre instrumental (4.24) .....	18
1.3.8. Error máximo permitido (4.26) .....	19
1.3.9. Diagrama de calibración (4.30).....	19
1.4. Operaciones Metrológicas .....	19
1.4.1. Medición .....	19
1.4.2. Calibración: .....	20
1.4.3. Verificación:.....	21
1.4.4. Ajuste: .....	21
1.5. Incertidumbre de las Mediciones .....	22
1.6. Proyector de Perfil .....	24
1.6.1. Historia de Proyector de Perfil .....	27

1.7.	Sistemas de Medición y sensores.....	29
1.7.1.	Sensores .....	29
1.7.2.	Codificador lineal .....	30
1.7.3.	Codificador rotatorio .....	30
1.7.4.	Sensor óptico.....	31
1.8.	Metodología.....	32
1.8.1.	Metodología para Asimilación, Adquisición y Transferencia de Tecnología. ....	33
1.8.2.	Tecnología.....	35
1.8.3.	Componentes de la Tecnología .....	35
1.8.4.	Transferencia Tecnológica.....	36
1.8.5.	Tipos de Transferencia Tecnológica .....	37
1.8.6.	Etapas de la metodología para la Transferencia de Tecnología. ....	38
Capítulo 2.	Parámetros geométricos de explotación y prestaciones metrológicas del proyector de perfil PJ-H3000F .....	42
2.1.	Características y alcance del Proyector de Perfil PJ-H3000F .....	42
2.1.1.	Especificaciones Técnicas del Proyector de Perfil .....	46
2.2.	Propiedades Metrológicas del Proyector de perfil PJ-H3000F .....	47
2.2.1.	Unidad de procesamiento 2D Micropack-9 .....	48
2.3.	Operaciones con Proyector de Perfil .....	51
2.3.1.	Ajuste: .....	51
2.3.2.	Calibración: .....	53
2.3.3.	Verificación:.....	62
2.3.4.	Medición: .....	63
Capítulo 3.	Metodología para la explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfiles	69

3.1. Propuesta de la Metodología para la transferencia de la tecnología del Proyector de Perfil PJ-H3000.....	69
3.1.1. Componentes de la Tecnología .....	72
3.1.2. Tipo de transferencia tecnológica .....	73
3.1.3. Valoración de la Metodología Propuesta .....	74
Conclusión.....	78
Recomendaciones .....	80
Bibliografía.....	81
Anexo .....	87

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1 Relación entre las operaciones metrológicas .....	22
Tabla 2-1 Especificaciones técnicas del Fabricante .....	46
Tabla 2-2. Propiedades Metrológicas generales del Proyector de Perfil.....	47
Tabla 2-3. Capacidad de Proyección .....	48
Tabla 2-4. Propiedades Metrológicas de la Escala lineal .....	48
Tabla 2-5. Propiedades metrológicas del Contador Angular .....	48
Tabla 2-6. Parámetros de entrada de RS232C .....	50
Tabla 2-7. Símbolos de Control de Transmisión .....	50
Tabla 2-8. Resultados de la Comprobación de la precisión de aumento .....	52
Tabla 2-9. Registros de Datos de la Calibración de Proyector de Perfil .....	58
Tabla 2-10. Resultados de la calibración de Iluminación Episcópica del EJE X del Proyector de Perfil PJ-H300F .....	58
Tabla 2-11. Resultados de la calibración de Iluminación Episcópica del EJE Y del Proyector de Perfil PJ-H300F .....	58
Tabla 2-12 Contribución a la incertidumbre combinada en la calibración del EJE X .....	60
Tabla 2-13 Contribución a la incertidumbre combinada en la calibración del EJE Y .....	60
Tabla 2-14. Informe de medición manual .....	65
Tabla 2-15. Informe de medición con Micropack-9.....	66
Tabla 2-16. Contribución de los errores asociados a la medición Manual .....	66
Tabla 2-17. Contribución de los errores asociados a la medición con Micropack-9.....	67
Tabla 2-18 Factor de Riesgo.....	68
Tabla 3-1 Aspectos a considerar para la adopción .....	70
Tabla 3-2. Metodología propuesta para la Transferencia Tecnológica del Proyector de Perfil ..	75



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1-1. Clasificación de instrumentos y equipos de medición en metrología dimensional. Fuente: (Zeleny and González 2000).....	15
Figura. 1-2 Diagrama conceptual de los dispositivos de medida. Fuente: autor .....	16
Figura. 1-3 Diagrama conceptual de las “propiedades metrológicas de un instrumento de medida o de un sistema de medida”. Fuente: (BIPM 2008).....	17
Figura. 1-4 Diagrama conceptual de calibración. Fuente: autor .....	20
Figura. 1-5. Proyector de Perfil. Fuente: (Mitutoyo 2012).....	25
Figura. 1-6. Trayectoria de la luz en un comparador óptico de iluminación vertical ascendente. Fuente (Zeleny and González 2000).....	27
Figura. 1-7 Escala Lineal. Fuente:(Mitutoyo 2012).....	30
Figura. 1-8. Diagrama conceptual Transferencia tecnológica. Fuente: autor.....	34
Figura. 1-9. Modelo del proceso de transferencia de tecnología indicando la composición de los canales formales e informales. Fuente: (Camargo 2012).....	36
Figura. 1-10 Etapas de la Metodología. Fuente:(Camargo 2012).....	38
Figura. 2-1. Partes del Proyector de Perfil. Fuente:(Unceta 2002) .....	46
Figura. 2-2 Capacidad de Proyección. Fuente:(Mitutoyo 2012).....	48
Figura. 2-3. Formato de interacción. Fuente: Unceta 2002 .....	51
Figura. 2-4 Diagrama de Comprobación de la Precisión de aumento .....	53
Figura. 2-5. Diagrama de calibración del EJE X.....	59
Figura. 2-6. Diagrama de Calibración de EJE Y.....	59
Figura. 2-7. Gráfica de porcentaje de contribuciones de las incertidumbres asociadas.....	60
Figura. 2-8 Diagrama de calibración del EJE X (2) .....	61
Figura. 2-9 Diagrama de calibración del EJE Y (2) .....	61
Figura. 2-10. Detalle de los elementos medidos .....	65

Figura. 2-11. Detalle de los elementos medidos ..... 66

## INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la evolución de la sociedad, el hombre, va formando en su mente la idea de medir, estimaba una cantidad de masa comparando la fuerza necesaria para sostenerla, calculaba distancias basado en la fuerza necesaria para lanzar un objeto, o lo que podía caminar en un día (Marban and Pellezer 2002), (MetAs 2006) (Granado 2000)

Es fundamental para la sociedad obtener mediciones correctas y confiables debido a que esto ayuda a ordenar y facilitar las transacciones comerciales, incidiendo directamente en la calidad de vida de la población, además ayuda a preservar el ambiente y contribuye al uso racional de los recursos naturales. (MetAs 2006)

En todo momento los ciudadanos y la industria toman decisiones basadas en los resultados de la medición, con la finalidad de garantizar la calidad de los bienes y servicios que consumen o producen. Las mediciones correctas y exactas ayudan a asegurar una competencia justa. Tal como lo indica la Ley de Metrología de Venezuela en su artículo N° 1.

“Artículo1° Este Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley, tendrá por objeto regular, organizar, desarrollar, promover, fomentar, consolidar y actualizar la infraestructura metrológica que impulse el crecimiento en el área de las mediciones, y garantizar la confiabilidad y uniformidad de las mismas, contribuyendo con la calidad de bienes y servicios, a fin de que las personas puedan realizar mediciones adecuadas como mecanismo para desarrollar condiciones más favorables de salud, ambiente y seguridad que permita satisfacer las necesidades reales de los seres humanos, el desarrollo de la producción y el mantenimiento del intercambio de bienes y servicios entre los pueblos.” (RBdV 2009)

A través de la historia se comprueba que el progreso de los pueblos siempre estuvo relacionado con su progreso en las mediciones. En el comercio interno e internacional, la metrología desempeña un papel fundamental que permite garantizar la uniformidad y exactitud de las mediciones. Sin la aplicación de los controles metrológicos sobre los instrumentos de medida no sería posible distribuir los productos y artículos con igualdad a la población, se

cometerían errores en los inventarios, la comercialización de mercancía se haría con cantidades equivocadas y se tomarían decisiones erradas en cuanto a la aceptabilidad de las especificaciones de los productos. Los diagnósticos sobre la salud de los ciudadanos no serían confiables como tampoco lo serían las dosis de las medicinas suministradas. Al no garantizarse la confiabilidad de los sistemas de monitoreo y medición ambiental la protección de los ecosistemas sería imposible (Marban and Pellezer 2002)

Las estadísticas indican que entre un 60 y 80% de las fallas en una empresa están relacionadas a la ausencia de un óptimo sistema de aseguramiento metrológico, en otros términos, es poco probable conseguir buenos resultados en el proceso de fabricación de un producto, si los instrumentos de medición utilizados tales como balanzas, termómetros, reglas, pesas, entre otros, no le ofrecen mediciones confiables. (INDECOPI 2011)

El desarrollo de la tecnología, la industria y el comercio, han estado exigiendo un adelanto en el perfeccionamiento de los métodos y medios de medición. (MetAs 2006)

En la actualidad, para la obtención de un producto con la calidad especificada es indispensable realizar mediciones en el proceso productivo y las actuales tecnologías requieren cada vez más de una mayor uniformidad en la obtención del valor de cualquier parámetro, o característica para asegurar la calidad a partir de la mejora de la exactitud aplicando el desarrollo de la ciencia y la técnica. (Campo and Robles 2012)

En el laboratorio de Metrología del Taller de Máquinas Herramientas del Departamento de Mecánica del IUT RC “Dr. Federico Rivero Palacio”, no existe una metodología adecuada para utilizar o explotar las posibilidades y flexibilidad existentes, que ayude a identificar las características y propiedades metrológicas de los equipos que debido a su complejidad, diversidad y difícil interpretación no facilita su apropiado uso. En el laboratorio anteriormente mencionado existe un comparador óptico o Proyector de Perfil, marca Mitutoyo, Modelo PJ-

H3000F (Unceta 2002). El uso de este instrumento de medida actualmente es muy limitado, ya que se desconocen las posibilidades de explotación del mismo. Además, existe un procesador de datos modelo Micropack 9 que permite realizar varios cálculos de mediciones bidimensionales, el cual se puede conectar al Proyector de Perfil (Unceta 2002), y también se desconocen los parámetros de funcionamiento del mismo, lo cual es necesario determinar a partir de una experimentación lo que conducirá a establecer su capacidad metrológica y su aplicación. Se considera que la dificultad que existe para asimilar e incorporar equipamientos de alta tecnología como el Proyector de Perfil y extender sus prestaciones desde el acceso a la información disponible en el mismo, es necesario realizar un procedimiento adecuado para utilizar las posibilidades existentes del Proyector de Perfil, debido a su complejidad, diversidad y no fácil interpretación, lo cual no permite definir su flexibilidad y extender su alcance a su aplicabilidad. Lo expuesto anteriormente es una síntesis del **planteamiento del problema** que da origen a la investigación.

Es por ello que se plantea el **problema científico** siguiente: La disponibilidad y asimilación de equipamientos de alta tecnología para su explotación requiere de estudios para determinar las características y alcances verdaderos para su aplicación, así como la identificación de su flexibilidad para extender sus prestaciones desde el acceso a la información disponible en el mismo. No existe una metodología para tales fines.

Para lograr una medición con resultados uniformes y confiables es necesario primero garantizar la trazabilidad de los instrumentos de medición, a través de la calibración de los mismos y luego establecer un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición y conocer la el nivel de confianza de los resultados emitidos. Para garantizar el aprovechamiento de los equipos y extender sus prestaciones este trabajo plantea el problema científico con las siguientes interrogantes ¿Cuáles son las características metrológicas que permiten extender el campo de

aplicación sobre la base del acceso a la información de la señal que brinda el equipo? y ¿Cómo se puede determinar la valoración metrológica y electrónica de los equipos?

En correspondencia con el problema científico se plantea la **hipótesis de investigación**: Mediante la aplicación de una metodología, planificar las actividades necesarias para lograr la transferencia tecnológica del Proyector de Perfil PJ-H300F y generalizar sus aplicaciones sobre la base del acceso a la información de la señal que brinda la misma.

Esta hipótesis se confirma si, la metodología elaborada, contribuye en la explotación y aplicación de las prestaciones del proyector de perfil en la medición de piezas en dos dimensiones y los beneficios del procesamiento de datos, proporcionar datos a dispositivos externos, con un mínimo de número de funciones y de múltiples propósitos, además de la integración a sistemas de medición y control de calidad mediante la conexión a procesadores de datos o computadores personales, y la validación de los resultados de medida, a través de la estimación de la incertidumbre.

En consecuencia con la hipótesis planteada se define como **objetivo general**: Proponer una metodología para establecer la transferencia tecnológica que permita una mejor explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfiles PJ-H3000, mediante un estudio de las capacidades metrológicas y electrónicas.

De este se desglosan como **objetivos específicos** los siguientes:

1. Analizar las fuentes bibliográficas existentes, relacionadas con los Proyectores de Perfil, sensores y procesadores de datos y su explotación adecuada.
2. Analizar las características del proyector de perfiles para determinar los parámetros geométricos de explotación y sus prestaciones metrológicas y electrónicas.
3. Establecer la metodología para una mejor explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfiles con amplia gama de posibilidades.

El **aporte de índole científico** de la presente investigación consiste en la elaboración de una metodología que contribuye la asimilación e implementación de nueva tecnología, el cual puede ser aplicado por otros laboratorios de medición que adquieran nueva tecnología.

**Aporte metodológico:** ofrece una metodología que permite contribuir al aprovechamiento, aplicación y uso del equipo.

**Aporte práctico:** se establece una metodología en la que se incluye un procedimiento con ejemplos que ilustran la aplicación y flexibilidad del Proyector de perfil.

**Impacto:** se espera obtener un beneficio didáctico debido a que se va a disponer de un procedimiento para el desarrollo rápido de los procesos de medición, con fines docentes y científicos, se espera poder brindar servicios a la industria de medición de piezas complejas que no se disponga de sus planos, garantizando resultados inmediatos y confiables.

A continuación se realiza un resumen del contenido de cada capítulo.

**El Capítulo I:** Aplicaciones metrológicas y electrónicas del Proyector de Perfil.

Para confeccionar el marco teórico referencial se realiza la revisión de la literatura orientada en dos vertientes: la base metrológica, dirigida fundamentalmente al estudio del proyector de perfiles, sus características metrológicas y principio de funcionamiento; así como su evolución; y la base práctica para identificar flexibilidad para extender sus prestaciones desde el acceso a la información electrónica disponible, para determinar a partir de una experimentación la capacidad metrológica y por ende la valoración de los resultados emitidos.

**El Capítulo II:** Parámetros geométricos de explotación y prestaciones metrológicas y electrónicas del proyector de perfil.

Se analizan las características del Proyector de perfiles, identificando los parámetros geométricos de explotación y así definir el alcance de las prestaciones metrológicas del mismo.

Así, como también realizar la valoración de los resultados de medición y establecer el nivel de confianza de los mismos.

**Capítulo III:** Propuesta de Metodología para la explotación y aplicación de las prestaciones del Proyector de Perfil

Describe el desarrollo de una metodología para evaluar las posibilidades existentes del proyector de perfil en la extensión de sus aplicaciones sobre la base del acceso a la información de la señal que brinda el mismo.

**Capítulo 1. APLICACIONES METROLÓGICAS DEL PROYECTOR DE PERFIL**

El siguiente capítulo presenta los aspectos generales de la Metrología aplicados al campo de la metrología dimensional, se definen los tipos de medición dimensional y la base metrológica, dirigida fundamentalmente al estudio del proyector de perfiles, sus características metrológicas y principio de funcionamiento; así como su evolución; y la base práctica para identificar flexibilidad para extender sus prestaciones desde el acceso a la información electrónica disponible, para determinar a partir de una experimentación la capacidad metrológica y por ende la valoración de los resultados emitidos.

Una revisión de los aspectos relacionados con la transferencia tecnológica, que permita definir los componentes, rasgos y estrategias para generar una propuesta metodológica para evaluar las posibilidades existentes del Proyector de Perfil

**1.1. METROLOGÍA**

Actualmente la ciencia y la tecnología son base en la sociedad moderna, en esta existen varios sistemas que interactúan y afectan la calidad de la vida. Algunos de estos sistemas sociales son claramente visibles en la vida. No obstante, existe un sistema esencial para la calidad de la vida, que no son se distingue por sí solo, como es el sistema metrológico de un país el cual se extiende a todos los sistemas, tal como lo indica la Sociedad de metrologos de México en su publicación "Metrología en la vida cotidiana" (MetAs 2006)

Las mediciones correctas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, ayudando a ordenar y facilitar las transacciones comerciales. A menudo las cantidades y las características de un producto son resultado de un contrato entre el cliente (consumidor) y el proveedor (fabricante); las mediciones facilitan este proceso y por ende inciden en la calidad de vida de la población, protegiendo al consumidor,

ayudando a preservar el medio ambiente y contribuyendo a usar racionalmente los recursos naturales.(Sanders 2005)

Gran parte de la industria y la tecnología se basa en la medición de longitud, desde el paso de rosca en una tuerca y el tornillo de precisión de piezas mecanizadas en los motores de automóviles hasta las pequeñas estructuras de los microchips, la abertura de un tamiz de la industria farmacéutica y todos requieren de una trazabilidad exacta al patrón nacional de longitud mantenido por el Instituto Nacional de Metrología Sencamer bajo la dirección de Metrología (SENCAMER 2012).

Es necesaria la metrología para la ciencia, citando a Lord Kelvin (1924-1920) “si se puede medir acerca de lo que se esta hablando y expresarlo en números, entonces se sabe algo acerca de eso. Cuando no se puede expresar en números el conocimiento es meramente insatisfactorio y deficiente”. Entonces las ideas se expresan en forma de teoría, y por mediciones científicas será validada, o rechazada dicha teoría.

### **1.1.1. La Metrología Dimensional**

La metrología dimensional es la ciencia aplicada que se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares. La finalidad básica de las mediciones dimensionales en la producción es garantizar y verificar la concordancia del producto fabricado con sus especificaciones de diseño.

La necesidad actual de una mayor exactitud en las mediciones requerida en la fabricación debido a nuevas exigencias tolerancias de fabricación más estrechas, en busca de un ahorro de material y peso, es decir, razones operativas y económicas; mayor precisión operacional y mejor funcionamiento en engranajes, rodillos, ejes y demás elementos mecánicos, lo que implica tolerancias de posición y forma geométricas y de calidad superficial más estrictas; diseño compensado entre fuerzas y tensiones, para aquellos elementos que trabajan sobrecargados y requieren desviaciones de forma reducidas, garantizando el funcionamiento de

los mismos bajo deformaciones elásticas causadas por las cargas aplicadas; estandarización, para asegurar la intercambiabilidad de piezas y elementos en general, de forma que se garantice el montaje, mantenimiento de equipos, así como también la producción; confiabilidad en el funcionamiento de máquinas, equipos y fabricaciones en general, contraídas y ensambladas con tolerancias de forma y posición muy reducidas. (Zeleny and González 2000) (López 2011)

### **1.1.2. Clasificación de las mediciones dimensionales**

Los especialistas metrologos mexicanos (Zeleny and González 2000) indican que la medición se puede clasificar de forma general, según la forma de realizar la medición en directa o indirecta. De forma más específica en metrología dimensional, esta relacionada a dos magnitudes longitud y ángulo, dentro de las mediciones lineales, el Proyector de Perfil, bajo el término de Comparador óptico, es un instrumento que se encuentra en la clase de medición indirecta y comparativa, tal como lo muestra la Figura. 1-1.

Esta área de la metrología es de gran importancia en la industria en general, pero muy especialmente en la de manufactura, pues las dimensiones y la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, entre otras razones, la producción de los diversos componentes debe ser dimensionalmente homogénea, de tal suerte que estos sean intercambiables aun cuando sean fabricados en distintas máquinas, en distintas plantas, en distintas empresas o, incluso, en distintos países. (Centro Nacional de Metrología de México, 2010).

## **1.2. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN**

Los dispositivos de medición son los medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones, y que comprenden los instrumentos, sistemas de medida y medidas materializadas tal como lo muestra Figura. 1-2

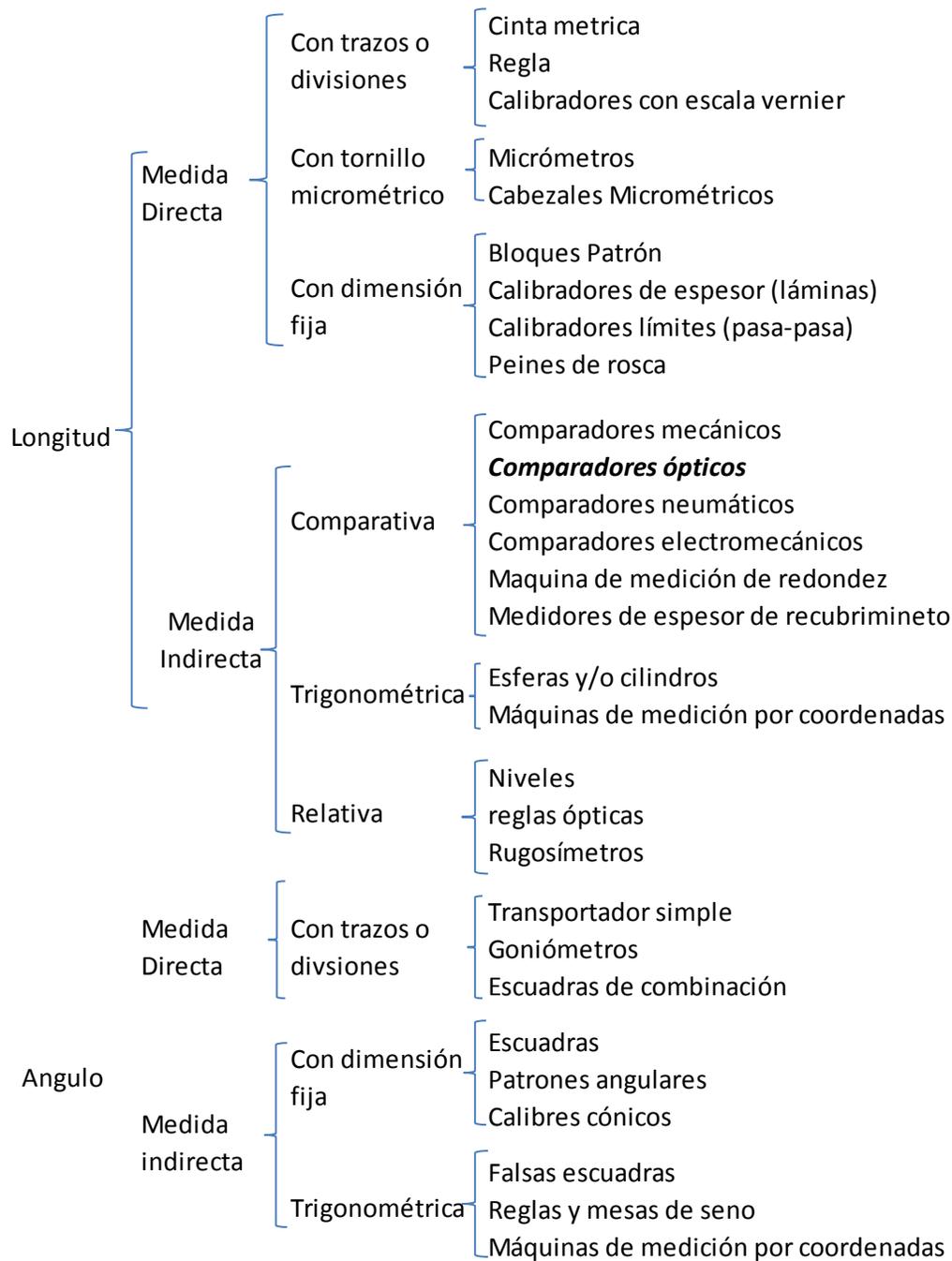


Figura. 1-1. Clasificación de instrumentos y equipos de medición en metrología dimensional. Fuente: (Zeleny and González 2000)

Estos tienen una serie de propiedades que se deben identificar e interpretar para caracterizar los mismos y así poder definir el alcance de sus prestaciones. El Vocabulario Internacional de la Metrología conocido por sus siglas VIM (BIPM 2008) define cada uno de estos términos de forma muy precisa, este Vocabulario pretende ser una referencia común para científicos,

ingenieros, físicos, químicos, médicos, biólogos, así como para profesores, estudiantes y todo aquel, implicado en la planificación o realización de mediciones, cualquiera que sea el campo de aplicación y el nivel de incertidumbre de la medida. Los conceptos utilizados en los diferentes enfoques descriptivos de las mediciones se presentan de manera conjunta. Sin embargo, este Vocabulario intenta promover la armonización global de la terminología utilizada en metrología.

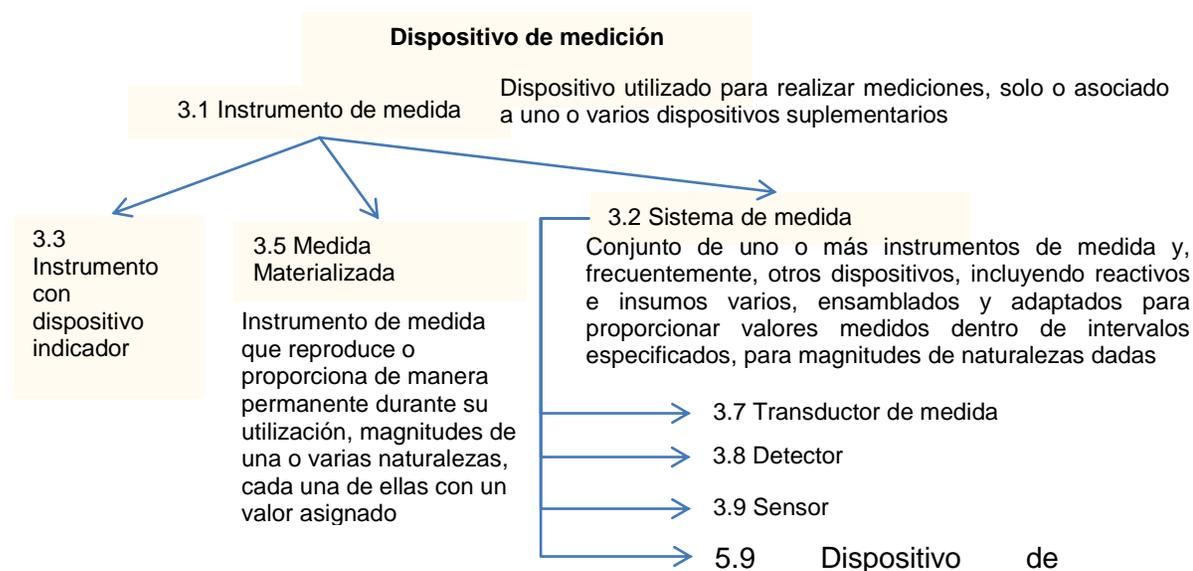


Figura. 1-2 Diagrama conceptual de los dispositivos de medida. Fuente: autor

### 1.3. PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN

Se pueden establecer características metroológicas de los instrumentos desde la base definida por Vocabulario Internacional de Metrología VIM, como propiedades de los dispositivos de medida como propiedades de los dispositivos de medida.

En este vocabulario mencionado anteriormente se pueden identificar las propiedades de los dispositivos de medida, las cuales son necesarias para caracterizar los instrumentos. Con el fin de unificar los términos respecto a las propiedades metroológicas que definirán las características del Proyector de Perfil, se seleccionaron del Vocabulario Internacional de

Metrología los términos que se aplican al Proyector de Perfil. Un diagrama conceptual representa los términos de las propiedades en general en la Figura. 1-3.

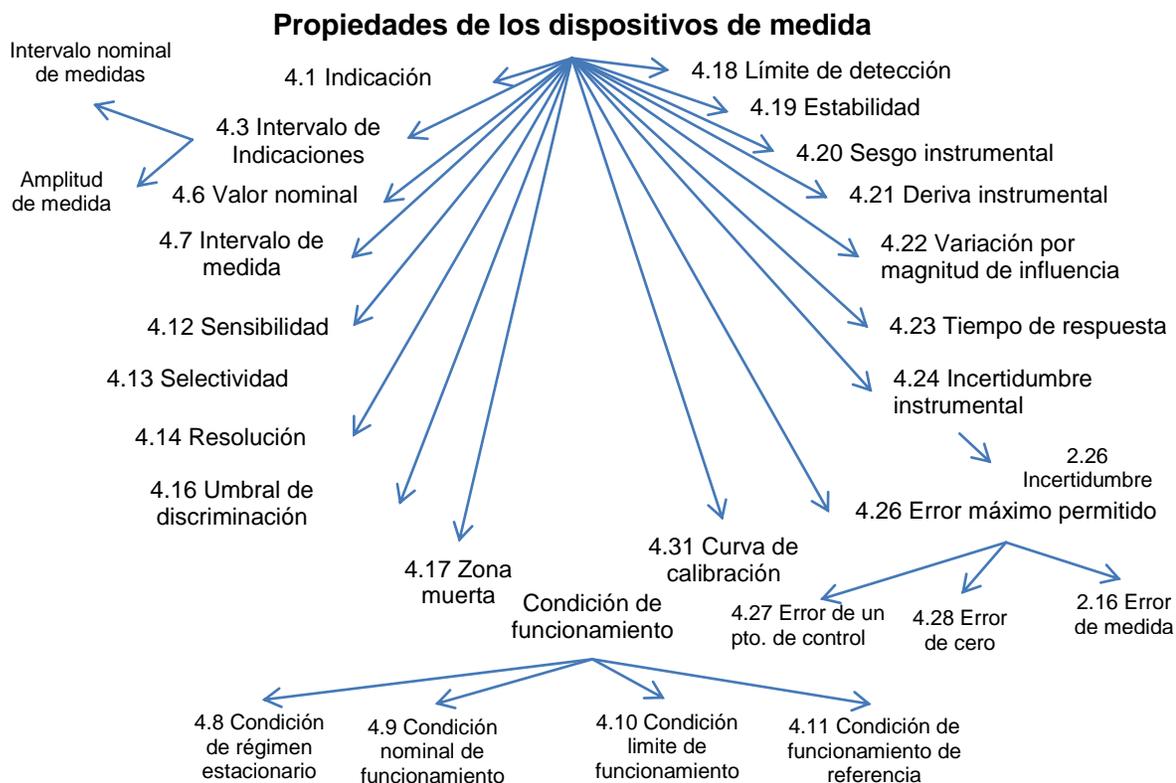


Figura. 1-3 Diagrama conceptual de las “propiedades metrológicas de un instrumento de medida o de un sistema de medida”. Fuente: (BIPM 2008)

Los términos que se aplican al Proyector de Perfil, son extraídos del VIM y se describen a continuación identificando el número entre paréntesis del punto de la norma a la cual se hace referencia:

**1.3.1. Indicación: (4.1)**

“valor proporcionado por un instrumento o sistema de medida, también puede presentarse en forma visual o acústica, o puede transferirse a otro dispositivo”. La indicación de un instrumento puede de ser digital o analógica.

**1.3.2. Intervalo de medida (4.7)**

“Conjunto de los valores de magnitudes de una misma naturaleza que un instrumento o sistema de medida dado puede medir con una incertidumbre instrumental especificada, en unas condiciones determinadas”. En ciertas magnitudes, se utilizan los términos “rango de medida” o “campo de medida”. No debe confundirse el límite inferior de un intervalo de medida con el límite de detección de dicho instrumento.

**1.3.3. Condición Nominal de Funcionamiento (4.9)**

“Condición de funcionamiento que debe satisfacerse durante una medición para que un instrumento o un sistema de medida funcione conforme a su diseño”.

**1.3.4. Resolución (4.14)**

“Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente”. La resolución puede depender, por ejemplo, del ruido (interno o externo) o de la fricción. También puede depender del valor de la magnitud medida.

**1.3.5. Deriva instrumental (4.21)**

“Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida”

**1.3.6. Variación debida a una magnitud de influencia (4.22)**

“Diferencia entre las indicaciones que corresponden a un mismo valor medido, cuando una magnitud de influencia (por ejemplo temperatura) toma sucesivamente dos valores diferente”.

**1.3.7. Incertidumbre instrumental (4.24)**

“Componente de la incertidumbre de medida que procede del instrumento, esta se obtiene mediante calibración del instrumento y se utiliza en la evaluación tipo B de la incertidumbre de medida”. Esta información puede aparecer en las especificaciones del instrumento.

### **1.3.8. Error máximo permitido (4.26)**

“Valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado”. Es importante aclarar que los términos “errores máximos permitidos” o “límites de error” se utilizan cuando existen dos valores extremos. Además, no es conveniente utilizar el término «tolerancia» para designar el “error máximo permitido.

### **1.3.9. Diagrama de calibración (4.30)**

Para representar los resultados de la calibración se utiliza un diagrama de calibración, que según el VIM es la “expresión gráfica de la relación entre una indicación y el resultado de medida correspondiente”

## **1.4. OPERACIONES METROLÓGICAS**

Las operaciones metrológicas definidas por los expertos en metrología (Kalustian 2001; Hoffmann 2003; Link 2003; Scheurmann 2005) básicamente son cuatro medición, calibración, verificación y ajuste.

### **1.4.1. Medición**

La Norma (ISO 2003) 10012:2003 define el término medición como “conjunto de operaciones para determinar el valor de magnitud”, el VIM (BIPM 2008), amplía un poco más el concepto e indica que es un proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. Los métodos de medición calificados por el VIM son los de medición directa, indirecta, por sustitución o transferencia, diferencial, nulo o cero y por relación, de todos estos los más utilizados en la metrología dimensional son dos en de medición directa e indirecta.

**1.4.2. Calibración:**

El principal objetivo de la calibración es la trazabilidad, tal como lo señala (Kühne, Krystek et al. 2004) El VIM en el ítem 3.9, define el término como:

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación (BIPM 2008)

Se puede interpretar que la calibración establece la relación entre el instrumento de medición o medida materializada sujeto a calibración y el patrón, esta relación se obtiene al tomar las indicaciones del equipo y del patrón y relacionarlas como: error o desviación, corrección o linealidad, con su respectiva incertidumbre.

Varios métodos de calibración son descritos por (Víctor Aranda, Norma Velasco et al. 2006), estos expertos señalan que los métodos de calibración se derivan de los métodos de medición, y los principales son:

- Comparación directa,
- Transferencia,
- Sustitución,
- Equilibrio,
- Escalamiento (subdivisión),
- Relación.

El Diagrama de concepto mostrado en la Figura. 1-4, esquematiza el concepto y establece la relación con otros términos como incertidumbre y trazabilidad.



Figura. 1-4 Diagrama conceptual de calibración. Fuente: autor

### 1.4.3. Verificación:

El VIM en su apartado 2.44 lo define como “aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados”, y la Norma (ISO 2005) Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario, en el ítem 3.8.4 indica que es “confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados”.

En el contexto de las operaciones metrológicas, y en específico, las operaciones en el Proyector de Perfil, se considera que esta es la confirmación de que se satisfacen las propiedades de funcionamiento declaradas del instrumento, y los requisitos especificados pueden ser, por ejemplo, las especificaciones del fabricante.

### 1.4.4. Ajuste:

Según el VIM en el ítem 3.11 ajuste es “conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir”. Diversos tipos de ajuste hay: ajuste de cero, ajuste del offset (desplazamiento) y ajuste de la amplitud de escala (denominado también ajuste de la ganancia).

Es importante aclarar que la relación que se debe determinar y comprobar entre estos tres términos, la define la norma ISO 10012 (ISO 2003) con la confirmación metrológica, la cual establece que este conjunto de operaciones son requeridas para asegurar que el instrumento de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto, y que no se logra hasta que se demuestre la adecuación del mismo para su uso.

No se debe confundir calibración, con verificación y ajuste, la Tabla 1-1 Relación entre las operaciones metrológicas compara los procesos relacionados con cada una de las operaciones y sus objetivos identificando las diferencias entre estos términos.

<b>Tabla 1-1 Relación entre las operaciones metroológicas</b>		
<b>Operación</b>	<b>Procesos relacionados</b>	<b>Objetivos</b>
Calibración	1. Comparar las indicaciones del instrumento con patrón de medida para obtener los errores de indicación 2. Declarar en un certificado de calibración el error de medida de la indicación y la incertidumbre, cumpliendo con la Norma (ISO 2005) en su apartado 5.10.2	1. Obtener la relación entre los valores de medida con su incertidumbre 2. Trazabilidad
Verificación	1. Comparar las indicaciones del instrumento con patrón de medida 2. Puede declarar pero no es obligatorio en n certificado	1. Establecer evidencia de cumplimiento con especificación
Ajuste	1. Manipular el instrumento utilizando únicamente los medios puestos a disposición del usuario para que el mismo opere satisfactoriamente	1. Adaptar el instrumento a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización

### 1.5. INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES

El resultado de una medición se define en el Vocabulario Internacional de Metrología VIM (BIPM 2008), es el “conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando acompañados de cualquier otra información relevante disponible. Un resultado de medición se expresa como un valor medido único y una incertidumbre de la medida.” Por lo tanto, Expertos en el área de metrología (Schmid 2002; Sinencio 2002; Alvarado 2004; Diharce 2004; Schmid 2004; Schmid 2004) señalan que la expresión de este resultado es completa sólo cuando va acompañado por una medida cuantitativa de su incertidumbre.

El conocimiento y la expresión de la incertidumbre de medición según (Portuondo and Portuondo 2008) constituyen una parte indisoluble de los resultados de las mediciones, así como un elemento indispensable de la trazabilidad de las mediciones y en el control y regulación de los procesos de manufactura.

El propósito de una medición según (Schmid and Martínez 2004), es determinar el valor de una magnitud, para ello es necesario reconocer que este proceso involucra muchos aspectos que dificultan la obtención del mismo; ya sea por el desconocimiento de los fenómenos físicos que

influyen sobre este proceso, como la falta de evaluación de los instrumentos usados. La definición del mensurando es vital para obtener resultados de la medición confiables.

La aleatoriedad natural del proceso de medición, hace imposible conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud: Toda medición lleva implícita una incertidumbre, que de acuerdo al Vocabulario Internacional de Metrología (BIPM 2008), es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al mensurando.

Por lo tanto, el resultado de una medición según (Diharce 2004) incluye la mejor estimación del valor del mensurando y una estimación de la incertidumbre sobre ese valor. La incertidumbre se compone de contribuciones de diversas fuentes, algunas de ellas descritas por las magnitudes de entrada respectivas. Algunas contribuciones son inevitables por la definición del propio mensurando, mientras otras pueden depender del principio de medición, del método y del procedimiento seleccionados para la medición.

La incertidumbre se expresa mediante el intervalo de valores que puede contener, muy probablemente, al valor verdadero señala (Schmid 2002) . Esta se puede asociar a una distribución de probabilidad. En muchas mediciones no se puede llegar a conocer el valor verdadero de una magnitud según (Alvarado 2004), pero se puede estimar una probabilidad para cada valor posible y se expresa como valor convencionalmente verdadero al valor más probable. Normalmente, la distribución de probabilidad del resultado de una medición se modela utilizando una función conocida, que tal como la distribución normal de probabilidad. La importancia de ésta (Schmid and Martínez 2004) afirma que radica en el hecho de que hay muchas variables asociadas a fenómenos naturales y a errores cometidos al medir ciertas magnitudes cuyo estudio se puede simplificar al ajustar su comportamiento a este tipo de distribución. La distribución normal presenta la ventaja adicional de que se define únicamente con la media y la desviación estándar. Una incertidumbre igual a la desviación estándar ( $1\sigma$ )

tiene un nivel de confianza del 68% aproximadamente y, para una incertidumbre igual al doble de la desviación estándar ( $2\sigma$ ), del 95% aproximadamente. La Incertidumbre es una medida cuantitativa de la calidad del resultado de medición, que permite que estos sean comparados con otros resultados, referencias, especificaciones o normas (Zeleny 2004).

La incertidumbre se compone de contribuciones de diversas fuentes, algunas de ellas descritas por las magnitudes de entrada respectivas. Algunas contribuciones son inevitables por la definición del propio mensurando, mientras otras pueden depender del principio de medición, del método y del procedimiento seleccionados para la medición (Kalustian 2001). Por ejemplo, en la medición de la longitud de una barra, la temperatura es una magnitud de entrada que afecta directamente al mensurando por expansión o contracción térmica de la barra

En general, (Vera and Salas 2008) señalan que el resultado de una medición es solamente una aproximación o estimación del valor de la cantidad específica sujeta a medición, llamada mensurando. Así, la expresión de este resultado es completa sólo cuando va acompañado por una medida cuantitativa de su incertidumbre. La incertidumbre se expresa mediante el intervalo de valores que puede contener, muy probablemente, al valor verdadero. La incertidumbre se puede asociar a una distribución de probabilidad. En muchas mediciones no se puede llegar a conocer el valor verdadero de una magnitud, pero se puede estimar una probabilidad para cada valor posible y se reporta como valor convencionalmente verdadero al valor más probable. La incertidumbre es el valor que, cuando se resta o se suma al valor más probable, define un intervalo dentro del cual hay una probabilidad dada de encontrar al valor verdadero que es igual a un nivel de confianza establecido, el cual la Guía para la estimación de la Incertidumbre (OIML 2008) recomienda sea de  $k=2$  con un nivel de confianza de aproximadamente de 95%.

## **1.6. PROYECTOR DE PERFIL**

El Proyector de Perfil también se le conoce como Comparador óptico, y en la Figura. 1-1 se ubica en las mediciones lineales indirectas comparativas. Este equipo de medición óptica

(Proyector de Perfil) es el más utilizado en diversas industrias; porque es un excelente medio para medir piezas pequeñas a través de la visualización de su imagen ampliada sobre una pantalla traslúcida.

Un proyector de perfil es un equipo medidor de dimensiones y formas, por amplificación óptica, que permite la realización de medidas directas o con desplazamiento, sobre una pantalla de proyección (ver Figura. 1-5) (James Hartness and W. 1929).

La Clasificación del Proyector de Perfil propuesta por (Zeleny and González 2000) es según el tipo de iluminación que emplean, de eje horizontal, y de eje vertical, ascendente y descendente. El tipo de Proyector de Perfil de esta investigación es del tipo vertical descendente.



Figura. 1-5. Proyector de Perfil. Fuente: (Mitutoyo 2012)

El Proyector de Perfil de eje vertical, es aquel cuyo haz luminoso incide sobre la pieza a medir verticalmente, la misma suele situarse sobre una mesa de cristal, a través de la cual se transmite el haz luminoso.

El Manual de Uso del proyector de Perfil del Centro Español de Metrología (CEM 2003) señala que estos instrumentos tienen un campo de medida reducido, que puede estar entre 0,2 ó 0,3 metros como máximo en cada eje de medida, por lo tanto, son adecuados para piezas pequeñas y ligeras, sin embargo, son los de mayor precisión, en ellos los dos ejes

longitudinales de medida se denominan X e Y, y el eje Z para el enfoque. El Procedimiento D1-001 para la calibración de Proyectores de Perfil del Centro Español de Metrología (CEM 2003), señala que la clasificación anterior está basada en la iluminación de contorno, pero además de ésta se tiene iluminación de superficies. Con la iluminación de contorno es posible hacer mediciones y con la de superficie pueden hacerse observaciones de las condiciones de la superficie y mediciones. Ambos tipos de iluminación pueden utilizarse simultáneamente y, por lo general, se cuenta con un control que permite aumentar la intensidad de la iluminación de superficie por arriba de lo normal, para usarse con superficies poco reflejantes. Se recomienda sólo utilizar alta intensidad cuando sea necesario para no reducir la vida útil de la lámpara. La Figura. 1-6 muestra la trayectoria de la luz en un comparador óptico de iluminación vertical ascendente.

Para la iluminación de la superficie (Zeleny and González 2000) señalan que, se requiere utilizar un espejo semirreflejante o espejo semiazogado (el cual se obtiene evaporado TiO y ZnS en un cristal delgado), que se coloca frente a las lentes de proyección de bajo aumento (10x y 20x) y que está integrado dentro de las lentes de proyección de alto aumento (50x y 100x). Para mejorar el contraste de la imagen pueden utilizarse espejos de reflexión y así iluminar la superficie de la pieza en dirección oblicua a ella. Sin embargo, con este último método pueden ocurrir errores de dimensión.

En los Proyectores de Perfil de iluminación vertical es necesario que la luz pase a través de la mesa y, por tanto, lleva en su parte central un vidrio grueso. Sobre la mesa se coloca la pieza a medir y ésta aleja o acerca al lente de proyección para enfocar hasta que se logre obtener una imagen claramente definida de la parte que se desea medir u observar sobre la pantalla.

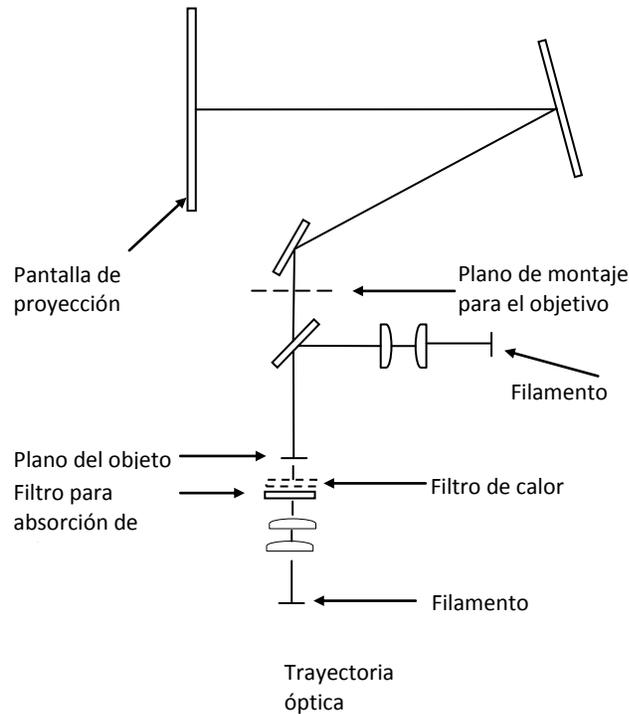


Figura. 1-6. Trayectoria de la luz en un comparador óptico de iluminación vertical ascendente. Fuente (Zeleny and González 2000)

### 1.6.1. Historia de Proyector de Perfil

El primer Proyector de Perfil comercial era una creación de James Hartness y de Porters Russell W. Esta invención desarrolló un aparato para inspeccionar y calibrar los elementos roscados, basados en la necesidad de estandarizar los tamaños de rosca. (James Hartness and W. 1929)

En las siguientes décadas estos equipos fueron mejorados, ampliando el alcance de su uso como es el caso de (Edward Bausch and F. 1933). y (Kurtz 1940) y Jones & Lamson Machine Company, Springfield, una Corporación de Vermont en 1934, desarrollando un Comparador que se adaptara a ensayos en objetos de diversa índole, tales como engranajes, moldes para botellas, piezas que por sus dimensiones se dificultaba su medición y demás objetos con contornos que requieren ser definidos con exactitudes dentro de límites de error especificados

Desde su invención en 1920, comparadores ópticos han cambiado muy poco. Las mejoras durante los años han agregado una exactitud más alta y facilidad de manejo, pero en general, los comparadores ópticos se ven y funcionan igual como lo han hecho.

En la década de 1940, los aportes de (Kudar 1940; Nicolas 1941; Henry 1944; Fernand 1945; Dellen 1947; Hancock, Heath et al. 1947; Karl 1949) se hizo evidente que los comparadores ópticos son instrumentos indispensables del proceso de diseño y producción. En la Segunda Guerra Mundial, la industria de defensa utilizó comparadores ópticos para armas y equipos especiales. Esto, y una creciente industria del automóvil, ayudaron al comparador óptico convertirse en un elemento básico en la medición a partir de la década de 1950.

La detección automática de bordes es propuesta por (Meltzer 1966; Nils 1966) y se añade en la década de 1960 y en la década de 1970 (Levine 1969; Masino 1970) añadieron la capacidad de lectura digital. Antes de eso, la precisión de medición se basó en el eje de un codificador rotatorio. Este sistema es sustituido por un transformador diferencial de variación lineal, más conocido por su abreviatura TDVL (o *LVDT*, por sus siglas en inglés) por

A pesar de una serie de avances tecnológicos y docenas de tamaños, ampliaciones y características especiales, el comparador óptico todavía se basa en un conjunto óptico relativamente complejo que aumenta y proyecta la imagen de la pieza con una distorsión mínima (Choate 1999).

En la última década, los cambios en los comparadores ópticos se han centrado en la funcionalidad adicional, la mejora de la calidad de las imágenes, la creación de máquinas totalmente automáticas y la integración de la tecnología informática en el sistema (Polidor and Gelman 2011).

El procesamiento de datos con la implementación de software (Mltutoyo 2012) señala que estos aumentan las capacidades del Proyector de Perfil y facilita las operaciones metrológicas, utilizando funciones especiales del sistema, tales como la transferencia de puntos de medida

seleccionada en un programa que directamente se puede comparar con datos de archivos CAD (Diseño Asistido por Computadora).

El Proyector de Perfil con una tecnología con escala de reflexión es presentado por (Horimoto, Sakamoto et al. 2009) el cual es capaz de eliminar cualquier error de los sistemas lineales.

Varios autores (Groh 1999; Groh 1999; Deluca and Vanderwerf 2003; Keyence 2010) señalan que históricamente, la debilidad del comparador óptico ha sido su limitación para medir sólo en dos ejes. No obstante, actualmente existe la integración de una sonda de contacto o un dispositivo de láser sin contacto, y en consecuencia el Proyector de Perfil es capaz ahora de medir en el eje Z .

## **1.7. SISTEMAS DE MEDICIÓN Y SENSORES**

Una de las tendencias en el desarrollo de la tecnología de la metrología Según (Nawrocki 2005) es el desarrollo de sistemas de medición. Los sistemas de medición, se refiere a un sistema de recursos materiales y de organización, añadidos para obtener, transmitir, y tratar datos de medición, representarlos y almacenarlos. El sistema de medición está conformado por una computadora PC o de un microprocesador; su tarea está orientada al flujo de información de control en el sistema; de procesar datos de medición, y de almacenarlos de ser necesarios. La computadora o el microprocesador es el regulador de sistema, es decir, un dispositivo que lo controla.(Nawrocki 2005).

### **1.7.1. Sensores**

El término sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la magnitud a medir. Los sensores de desplazamiento miden la magnitud que se desplaza un objeto; los sensores de posición determinan la posición de un objeto en relación con un punto de referencia. Los sensores de proximidad son una modalidad de sensor de posición y determinan en qué momento un objeto se mueve dentro de una distancia crítica del sensor.

Muchos de los sistemas de medición según (Cruz, Portilla et al. 2008), se basan en la utilización del transductor rotativo o lineal denominado codificador o *encoder*, debido a su facilidad de implementación desde el punto de vista mecánico, y a su relativo bajo costo de adquisición.

### 1.7.2. Codificador lineal

El sistema con Codificador Lineal, llamado Escala Lineal por la compañía Mitutoyo es un dispositivo que traslada una posición y, por lo tanto movimiento en una lectura en el eje X y Y. Éste es un transductor relacionado a una escala que codifica posición, lee la escala y convierte la posición en una señal análoga o digital que se transforma en una lectura de salida digital.

El modelo de codificador lineal del Proyector de Perfil es el AT112, el cual es una escala incremental, con salida senosoidal, ver Figura. 1-7



Figura. 1-7 Escala Lineal. Fuente: (Mitutoyo 2012)

### 1.7.3. Codificador rotatorio

El codificador rotatorio según (Cruz, Portilla et al. 2008) “es un transductor que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales”. Este se basa en la rotación de un disco graduado con un retículo radial formado por espacios opacos, alternados con espacios transparentes. Un sistema óptico de emisor receptor infrarrojo detecta el cambio en la superficie del disco, generando dos señales en cuadratura.

Otra definición propuesta por (Pool 1995) del codificador rotatorio es “un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor”. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficas de última generación, en sistemas de medición angular, y en plataformas de radar rotatorias.

La resolución de un codificador o *encoder* según (Cruz, Portilla et al. 2008) es del orden de 1000 pulsos por revolución. Desde un *encoder* incremental no se puede determinar la posición angular absoluta del eje. Para poder determinar la posición relativa a un punto de referencia (cero), este debe incluir una señal adicional que genera un pulso por revolución, denominada índice.

#### 1.7.4. Sensor óptico

Existe una amplia variedad de dispositivos diseñados para percibir la información externa de una magnitud física y transformarla en un valor electrónico que sea posible introducir al circuito de control, con la capacidad para cuantificarla y en consecuencia reaccionar.

Un sensor consta de algún elemento sensible a una magnitud física (como por ejemplo la intensidad o color de la luz, temperatura, presión, magnetismo, humedad) y debe ser capaz, por sus propias características, o por medio de dispositivos intermedios, de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico que se pueda alimentar en un circuito que la utilice directamente, o sino en una etapa previa que la condicione (por ejemplo, amplificando o filtrando).

Existen diversos tipos de sensores, por ejemplo:

- Sensores de luz
  - Foto-resistores (resistores variables por la incidencia de la luz)
  - Fococeldas o celdas fotovoltaicas
  - Fotodiodos
  - Fototransistores
- Sensores de presión y fuerza
  - Microinterruptores
  - Sensores de presión
  - Sensores de fuerza
- Sensores de sonido
  - Captadores piezoeléctricos
- Sensores para medición de distancia
  - Medidores de distancia ultrasónicos
- Medidores de distancia por haz infrarrojo

- Sensores de temperatura
  - Termistores
  - Termopares, Termocuplas
  - Diodos
  - Circuitos integrados
  - Piro sensores (a distancia)
- Sensores de humedad
  - Sensores capacitivos
  - Sensores resistivos
- Sensores de velocidad
  - Tacómetros
  - Codificadores (encoders)
- Sensores de magnetismo
  - Efecto Hall
  - Interruptores magnéticos
- Sensores de proximidad
  - Sensores capacitivos
  - Sensores inductivos

Los sensores de proximidad que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector. Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos.

Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías. El material debe ser metálico. Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos.

## 1.8. METODOLOGÍA

El término de metodología (Naranjo 2008) lo define como la “rama del conocimiento que se ocupa de estudiar los métodos y procedimientos que se utilizan en una actividad intelectual y profesional para llevar a cabo determinadas tareas cognoscitivas e intelectuales”. Así mismo, se le considera, por práctica de uso espurio, como un conjunto de métodos y procedimientos que se establecen e instrumentan en una investigación o en una exposición de un trabajo de cualquier naturaleza cognoscitiva.

La metodología se refiere al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos. Alternativamente puede definirse la metodología como el estudio o elección de un método pertinente para un determinado objetivo. No debe llamarse metodología a cualquier procedimiento, ya que es un concepto que en la gran mayoría de los casos resulta demasiado amplio, siendo preferible usar el vocablo método

Es imprescindible que el método empleado y la teoría, que ofrece el marco donde se insertan los conocimientos, estén unidos por la coherencia (el cómo y el qué deben ser coherentes entre sí); esto significa que la metodología debe ser utilizada dentro de un marco ideológico, un sistema de ideas coherentes que sean las encargadas de explicar el para qué de la investigación.

### **1.8.1. Metodología para Asimilación, Adquisición y Transferencia de Tecnología.**

Asimilar, adquirir y transferir son tres conceptos que el diccionario define respectivamente cada uno como: “hacer propio un conocimiento entendiéndolo”, “apropiarse de algo” y “Extender o trasladar”.

La Norma Venezolana Covenin NVC 2520:1989 define tres términos relacionados con la tecnología:

Apropiación de conocimiento tecnológico. Es la captación, procesamiento y archivo centralizado del conocimiento tecnológico al cual se tiene acceso, sea este de origen externo o haya sido generado.

Asimilación tecnológica. Es el proceso de apropiación, de la tecnología adquirida a terceros.

Aprendizaje tecnológico. Es el proceso de generación, apropiación, y divulgación interna de nuevo conocimiento tecnológico.

Capacidad tecnológica. Es el conjunto de destrezas y herramientas necesarias para sustentar un proceso permanente de aprendizaje.

Desarrollo Tecnológico. Es el proceso de construcción de una capacidad tecnológica creciente con la correspondiente acumulación de nuevos conocimientos (COVENIN 1989)

Estos conceptos forman parte de la interpretación de transferencia tecnológica, es decir, para que se evidencie la Transferencia Tecnológica debe estar presentes estos aspectos identificados en cada término (ver Figura. 1-8. Diagrama conceptual Transferencia tecnológica)

La transferencia de tecnología según Van Gigh referenciado en (Camargo 2012) involucra la adquisición de “actividad Inventiva” por parte de los usuarios. Es decir, la transferencia tecnológica no solo involucra maquinaria o dispositivos físicos; el conocimiento puede ser transferido a través de entrenamiento y educación, y puede incluir temas como manejo efectivo de procesos y cambios tecnológicos. Agrega este autor que, no debe confundirse la transferencia tecnológica con la apropiación de tecnología, la cual define como el proceso de interacción con la tecnología, la modificación de la forma como es usada y hasta el marco social dentro del cual es usada.

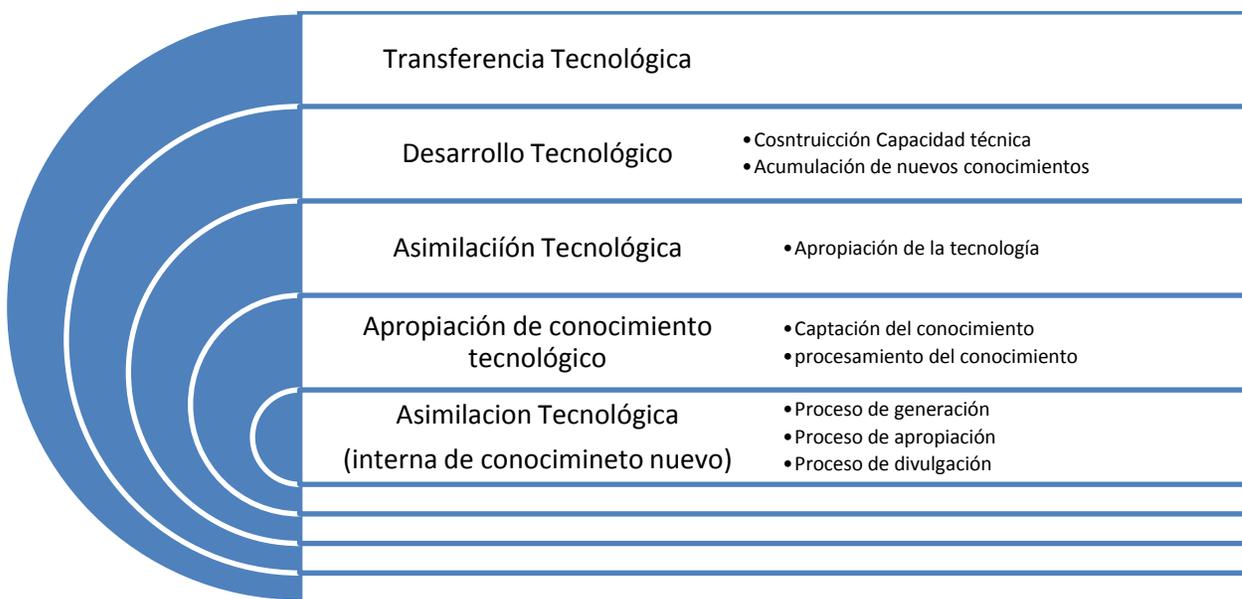


Figura. 1-8. Diagrama conceptual Transferencia tecnológica. Fuente: autor

Un enfoque de la adquisición y asimilación de tecnología mostrado por (Martínez, Cabrera et al. 2008) consideran necesario optimizar la transferencia tecnológica, basado en la creciente facilidad de manejo de información dada por la tecnología electrónica y reforzada por el desarrollo de un conjunto de técnicas que aprovechan todo ese potencial. Es importante evaluar las posibilidades de adquisición y asimilación de la tecnología para mejorar el desarrollo

económico y, social de un país y el impacto que esto genera, por lo que se pretende realizar una revisión de los enfoques de la transferencia tecnológica y establecer una metodología que permita establecer la misma.

### 1.8.2. Tecnología

Tecnología definida por (Cohen 2004) y referenciada por (Bareño 2012) indica que es “el factor más significativo para mejorar la productividad, calidad y competitividad”, puede ser un factor que consolide el proceso de transformación que se requiere. La Norma Venezolana COVENIN 2520:89 Guía de Evaluación de la Gestión Tecnológica en Organizaciones Industriales (COVENIN 1989) también la define como “el conjunto de conocimientos técnicos y administrativos necesarios para el diseño, producción y comercialización de un bien o servicio”.

### 1.8.3. Componentes de la Tecnología

Los componentes de la tecnología identificados por (Bar, F. Pisani et al. 2007) están enmarcados en el área de la informática, no obstante, es interesante su propuesta, ya que se pueden identificar aspectos que evidencian una relación, con las características que se desean establecer en la propuesta de la metodología:

*Techno-ware* relacionado con objetos, herramientas, equipos, máquinas, vehículos, facilidades físicas, instrumentos, dispositivos y fábricas; *Human-ware* relacionado con personas, habilidades en conocimiento experimental, sabiduría y creatividad, experiencia, competencia; *Info-ware* Relacionado con la información, incluye todo tipo de documentación y datos acumulados relacionados con especificación de procesos, procedimientos, diseños, teorías, y observaciones; *orga-ware* relacionado con la organización, acuerdos y alianzas necesarias para facilitar la integración de los componentes técnico, humano, y de información.

Es posible identificar estos componentes en el análisis producto de la evaluación de la revisión bibliográfica realizada para seleccionar la metodología a seguir. La Figura. 1-9, muestra un esquema basado en Análisis de Proceso, donde se relacionan estos conceptos con la transferencia tecnológica.

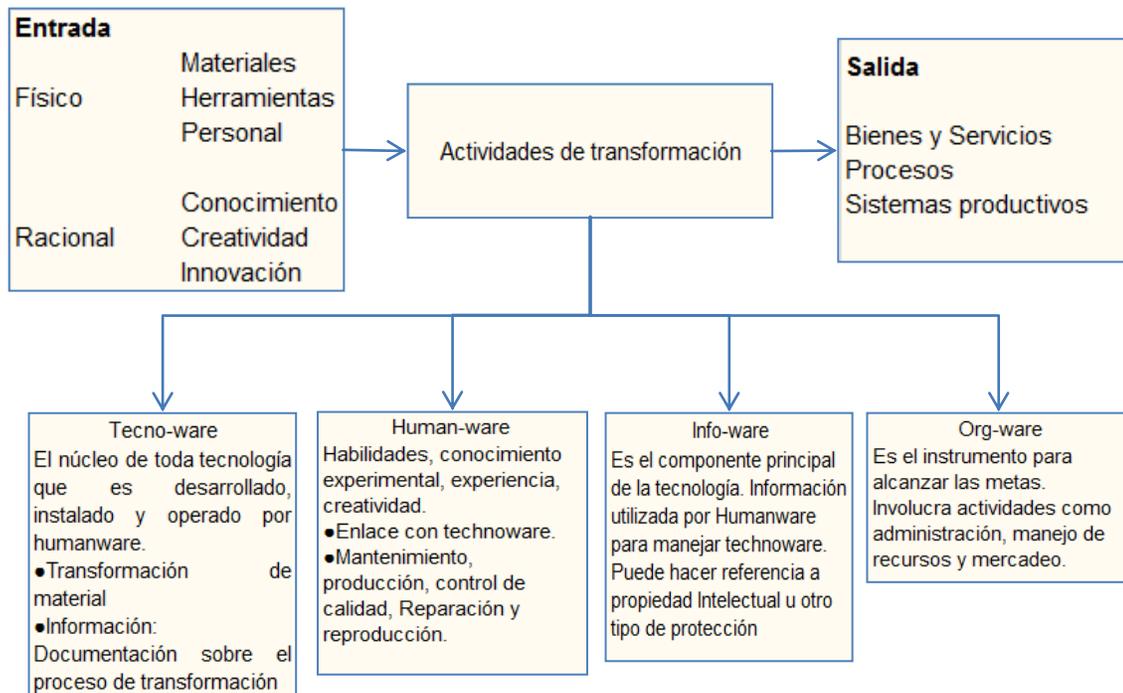


Figura. 1-9. Modelo del proceso de transferencia de tecnología indicando la composición de los canales formales e informales. Fuente: (Camargo 2012)

Es importante resaltar que, (Bareño 2012) considera que estos componentes son necesarios para alcanzar la transferencia tecnológica, por lo que se dispone a identificar cada uno de ellos en el Capítulo 3 del presente trabajo.

La aplicación efectiva de estos cuatro componentes requiere el cumplimiento de ciertas condiciones: el componente técnico requiere de personal con habilidades específicas; para mejorar la eficiencia del sistema, el componente humano necesita de adaptación y motivación; se debe actualizar el sector de la información a medida que la organización cambia para adaptarse a nuevas condiciones o requerimientos. No es posible realizar operaciones de transformación ante la ausencia de uno de estos cuatro componentes

#### 1.8.4. Transferencia Tecnológica

Transferencia tecnológica es definida por (Odedra 1994) como “el problema de transferencia de conocimiento respecto un número de aspectos del funcionamiento de un determinado sistema o equipo, operación, desarrollo de sus aplicaciones, mantenimiento y si es necesario, la

reproducción de componentes e implementación un sistema similar”. Por lo tanto es necesario desarrollar los procedimientos para el uso adecuado, el mantenimiento y las otras operaciones metrológicas descritas anteriormente.

Otro término relacionado la transferencia tecnológica es innovación tecnológica, que según (Jolly 1977) referenciado en (Camargo 2012) “es entendida como un nuevo método, medio o capacidad del individuo para realizar una determinada actividad”. Por lo tanto, el resultado de la transferencia tecnológica puede ser la aceptación de una práctica común en otros lugares, o la aplicación de una técnica diseñada para otro uso en la solución de problemas locales. La transferencia tecnológica incluye la difusión de conocimiento científico y la preocupación por la transformación del conocimiento en innovaciones útiles. El conocimiento es lo que queda al final de un proceso documentado y difundido de forma apropiada. Para que la transferencia tecnológica sea exitosa es necesario transferir los componentes de la tecnología.

#### **1.8.5. Tipos de Transferencia Tecnológica**

Los tipos de Transferencia Tecnológica descritos por (Mansfield 1975) y citado en (Bareño 2012) son:

- transferencia de material: artefactos tecnológicos, materiales, productos finales, componentes, equipos;
- transferencia de diseño: diseños, proyectos, know-how para fabricar productos diseñados previamente, los productos son copiados para producirlos localmente (ingeniería inversa);
- transferencia de capacidades: proporciona know-how, para fabricar componentes existentes, para innovar y adaptar tecnologías existentes y así como para generar nuevos productos

Según esta clasificación, el tipo de transferencia que se aplica a esta investigación es la material, debido a que se propone una metodología para asimilar y transferir el conocimiento respecto a las distintas aplicaciones del Proyector de Perfil PJ-H3000.

**1.8.6. Etapas de la metodología para la Transferencia de Tecnología.**

En la investigación respecto a la Transferencia Tecnológica realizada por (Bareño 2012) presenta una metodología para la transferencia tecnológica en el diseño de sistemas embebidos desarrollada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia; ésta metodología tiene como objetivo el conocimiento como un bien común, y describe los siguientes pasos para lograr la transferencia tecnológica: elección, adquisición, adopción, absorción, aplicación, difusión y desarrollo. El autor describe estos pasos aplicados al campo de la informática, y se podrían identificar actividades con similitud en los objetivos que esta investigación propone realizar (ver Figura. 1-10)

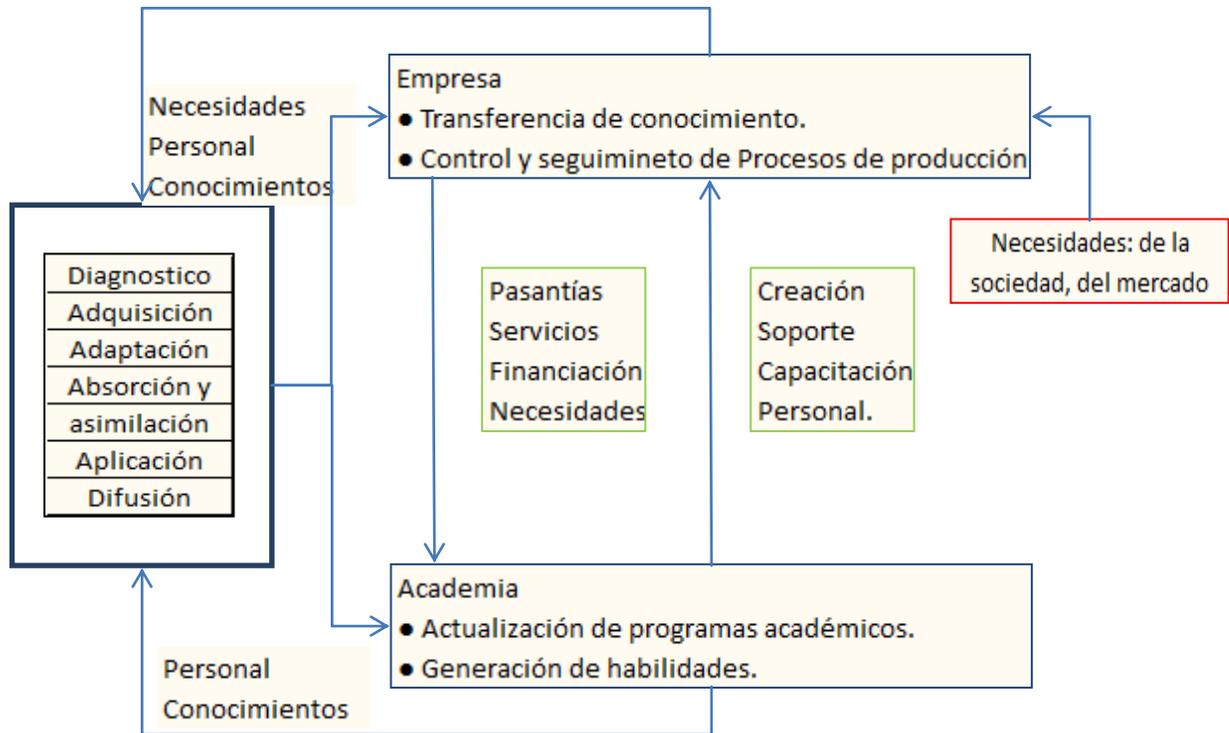


Figura. 1-10 Etapas de la Metodología. Fuente:(Camargo 2012)

Para el desarrollo de la propuesta de metodología para la transferencia de la tecnología del Proyector de Perfil PJ-H3000, se evaluaron los siguientes pasos:

**Diagnóstico Tecnológico:**

La primera etapa descrita comienza con la identificación del estado la plataforma tecnológica existente para identificar facilidades y necesidades. Identificación de niveles de complejidad de la tecnología existente.

El concepto de “plataforma tecnológica” fue introducido por primera vez en 1999 en la Comisión Europea como una manera de reunir al sector Privado, Académico y Gubernamental a fin de crear más trabajo y competitividad. De esta manera, se unen los conocimientos tecnológicos y las partes interesadas con el objetivo de producir un plan estratégico de investigación y desarrollo de tecnologías específicas a largo plazo, con un impacto significativo a nivel económico y social.

Según el modelo de *Plates-formes de Recherche* de la Ley de Innovación y de investigación francesa de 1999, el concepto de Plataforma Tecnológica está elaborado con la finalidad de promover e institucionalizar el soporte a la innovación mediante la transferencia de tecnología de las instituciones públicas de investigación (Barcelona 2012)

**Adquisición:**

Esta etapa considera la adquisición de plataformas tecnológicas adecuadas para el desarrollo del área e identificación de herramientas de desarrollo

**Adopción:**

En esta tercera etapa se requiere definir la utilización de plataformas de desarrollo para estudio de metodologías de diseño; uso de ingeniería inversa para entender funcionamiento; tomar conciencia de la importancia del uso de esta tecnología.

**Absorción:**

Para esta etapa es importante el desarrollo o adaptación de metodologías de diseño; enseñanza de metodologías de diseño.

**Aplicación:**

El desarrollo de soluciones a problemas locales; uso de metodologías de diseño en la concepción, diseño e implementación de sistemas utilizando la tecnología; desarrollo de proyectos académicos utilizando la tecnología bajo estudio, son los aspectos relevantes de esta fase.

**Difusión:**

La vinculación de la academia para incluir los conocimientos generados en los programas académicos de las carreras relacionadas; capacitación a la industria local sobre el uso de la tecnología, las metodologías de diseño y procesos de producción; creación de una comunidad que utilice, mejore y aumente el conocimiento generado; hacer que el conocimiento generado en los pasos anteriores este disponible a todos los interesados; dar a conocer los procesos, productos y conocimientos creados a los generadores de políticas de estado.

**Desarrollo:**

Finalmente es necesario desarrollar cuales son las prestaciones de servicios relacionados con la tecnología adquirida.

Es necesario entonces realizar una propuesta para establecer una metodología que contribuya con el proceso de Transferencia de tecnología, una metodología fundamentada en la captura e instrucción del procedimiento de trabajo de la tecnología objetivo y ajustada a un Plan de Desempeño Tecnológico (PDT), diagnosticando la posición de la Tecnología Fuente y los planes y objetivos estratégicos para extraer la Tecnología Objetivo. Basado en lo anterior se determinaron las actividades a realizar con el recurso tecnológico existente.

La revisión bibliográfica inicia en un análisis de los aspectos relevantes de la metrología, comenzando por la importancia de la metrología como ciencia de las mediciones y el impacto de una de sus áreas de aplicación, dimensional. Esta introducción brinda una visión general de las magnitudes relacionadas a dicha área de la metrología (longitud y ángulo), así como la clasificación de las mediciones y los instrumentos correspondientes, para identificar dentro de esa clasificación el Proyector de Perfil como un instrumento de medición indirecta comparativa.

Con el fin de unificar los criterios que permitan identificar las características metroológicas del Proyector de perfil, se muestran las definiciones y términos asociados, conceptos fundamentales y generales utilizados en metrología, para establecer una apropiada interpretación del marco teórico de la metrología y aplicarlo a la caracterización de Proyector del Perfil.

Finalmente se después de un análisis de los distintos aportes relacionados a la transferencia de tecnología, se selecciona una metodología que plantea aspectos con ciertas similitudes a la necesidad de resolver el problema planteado. Por lo que se presenta los fundamentos de una metodología, que pretende establecer los pasos a seguir para extender las posibles prestaciones y aplicaciones del Proyector de Perfil PJ-H3000F.

## Capítulo 2. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE EXPLOTACIÓN Y PRESTACIONES METROLÓGICAS DEL PROYECTOR DE PERFIL PJ-H3000F

Es necesario realizar el diagnóstico del Proyector de perfiles para ello se precisa identificar los parámetros geométricos de explotación con el fin de definir el alcance de las prestaciones metrológicas del mismo. Es por ello que inicialmente se identifican los parámetros metrológicos que van a permitir definir las posibilidades de explotación del mismo.

Considerando los términos del Vocabulario Internacional de Metrología para identificar las propiedades metrológicas del proyector de perfil, se enlistarán aquellas que son necesarias para caracterizar el equipo, así como para estimar la incertidumbre instrumental del mismo.

### 2.1. CARACTERÍSTICAS Y ALCANCE DEL PROYECTOR DE PERFIL PJ-H3000F

Con objeto de producir una imagen no distorsionada, a la vez que amplificada, tanto de la imagen reflejada como de la silueta o contorno del objeto en la pantalla de observación, un proyector de perfiles consta de los siguientes elementos principales:

- a) *La fuente de luz*, normalmente lámparas halógenas de alta intensidad, con el fin de producir una buena imagen incluso con valores de amplificación elevados.
  - Iluminación episcópica (proyección por luz transmitida): El haz luminoso se transmite a través de la pieza, proyectando el contorno o silueta situada en el plano focal en la pantalla de observación. (CEM 2003)
  - Iluminación diascópica (proyección por luz reflejada): El haz luminoso incide sobre la superficie de la pieza, reflejando su imagen iluminada en la pantalla. La calidad de la reflexión depende principalmente de la calidad superficial de la pieza. (CEM 2003)

- b) *El sistema óptico*, que incluye el *grupo de colimación*, cuya función es transformar el haz de luz original en uno de rayos paralelos, de intensidad prácticamente uniforme y de diámetro capaz de cubrir el área de trabajo donde se sitúa el objeto, y el *sistema de amplificación y transmisión* de la imagen reflejada o la silueta del mensurando, según la técnica de iluminación utilizada. Los valores de amplificación suelen oscilar entre 5X y 200X, dependiendo de las aplicaciones, aunque los más habituales son los de 10X, 20X Y 50X. Este sistema se ubica en la torreta, ver Figura. 2-1, ítem [7] donde se acoplan 3 lentes de proyección 5X, 10X y 20X.
- c) *La mesa soporte*, que define el campo de medida del instrumento, es otra de las características importantes de un proyector de perfiles. La misión de la mesa es situar en el plano focal aquellas características del mensurando que se desean observar, con objeto de poder lograr un buen enrase de las líneas que las definen con las líneas del retículo de la pantalla de observación, o con las líneas de las plantillas de verificación, y realizar las mediciones, ver Figura. 2-1, ítem [10].
- d) *La pantalla de observación o proyección*, sobre la que aparece la imagen reflejada o la silueta del objeto bajo medición. Esta es una de las dimensiones características de un proyector de perfiles, ya que la dimensión del sistema óptico y las dimensiones externas del proyector son función del diámetro de la pantalla. Desde el punto de vista práctico, el diámetro de la pantalla de observación determina el área de objeto que puede verse, para una amplificación dada. Aunque frecuentemente se desplaza el objeto, observando cada vez diferentes secciones del mismo, en algunas ocasiones es deseable observarlo totalmente, o al menos una parte importante del mismo. Este es el caso cuando se utilizan plantillas específicas (de perfiles, de roscas, de coordenadas cartesianas, polares, etc.) para mediciones o evaluaciones directas sobre la propia pantalla, (Ramón Zeleny and González 2000) Figura. 2-1, ítem [2].

Existe una relación del campo de visión sobre la pantalla y la calidad de definición de la proyección, a mayor amplificación mejor definición del objeto, a menor amplificación mayor campo de visión, por lo que se observa mayor área del objeto sobre la pantalla, esta relación viene dada por la ecuación (2-1)

$$C = \frac{\varnothing_{PO}}{A} \quad (2-1)$$

Donde:

$C$  : Campo de medida

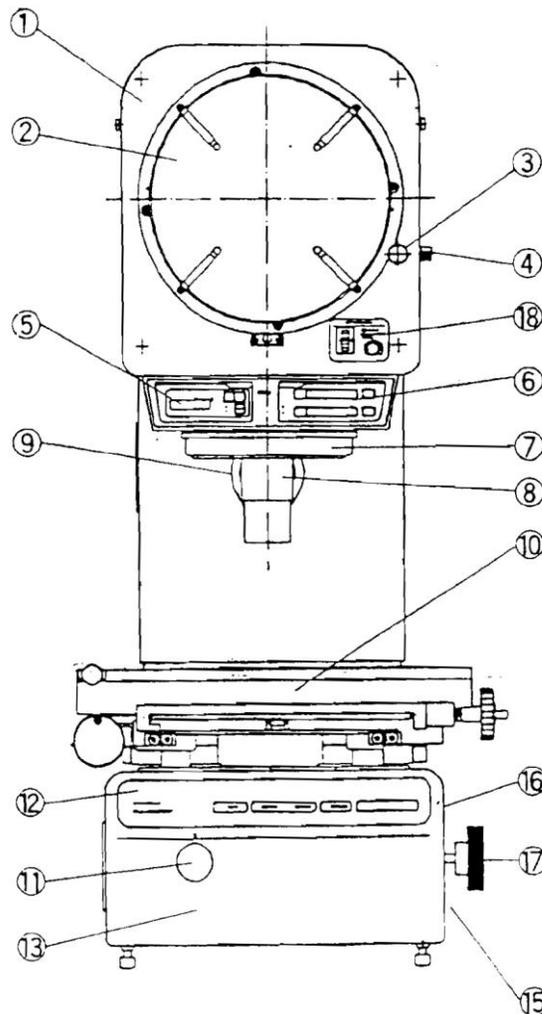
$\varnothing_{PO}$  : Diámetro de la pantalla de observación

$A$  : Amplificación del lente

Por tanto, a mayor amplificación, mejor definición del objeto. A menor amplificación corresponde un mayor campo de visión; es decir, se ve una mayor área del objeto en la pantalla de observación.

- e) *Ejes de medición*: dos ejes con escalas de medida longitudinales, cuentan con contadores X Y de indicación digital, en Figura. 2-1. Partes del Proyector de Perfil, representados con el ítem [6], y una pantalla giratoria dotada de una tercera escala angular, superpuesta a la pantalla de proyección, con contador angular e indicación digital también ítem [5].
- f) *Detector de frontera: sensor óptico*, alojado en un pequeño soporte y conectado al sistema informático del Proyector de Perfil que, desplazado a mano por el operador sobre la pantalla de proyección, detecta los cambios bruscos luz/sombra o sombra/luz que se presentan en los bordes de la imagen proyectada. Este accesorio sustituye, con mejor precisión, a los enrasos ópticos del operador, siempre fatigosos y proclives al error; permite mejorar la determinación de perfiles de formas básicas como por ejemplo, para un arco de círculo de menos de 180°, en el que 3 ó más cruces del detector sobre el perfil, permite ajustar un círculo por el método de mínimos cuadrados para deducir su radio o diámetro.

Esta medida, efectuada de forma indirecta según el método clásico de la flecha y la cuerda, da lugar a un resultado, mediante un cálculo complejo. Este dispositivo esta representado en la Figura. 2-1, ítem [18]



- |      |   |      |  |
|------|---|------|--|
| [1]  | Cabezal del proyector   | [11] | Regulador de la lente de condensación para el iluminador del contorno. |
| [2]  | Pantalla de observación   | [12] | Panel de control   |
| [3]  | Selector para giro de pantalla  | [13] | Iluminador del contorno (interior)                                     |
| [4]  | Fijador de la pantalla  | [14] | Enfoque  |
| [5]  | Contador angular  | [15] | Panel  |
| [6]  | Contador X-Y  | [16] | Conector salida contador X-Y (trasero)                                 |
| [7]  | Torreta   | [17] | Regulador de enfoque fino  |
| [8]  | Lente de proyección   | [18] | Panel de visualización Optoeye   |
| [9]  | Iluminador de superficie. lente de condensación para el iluminador de superficie. |      |  |
| [10] | Mesa soporte  |      |  |

Figura. 2-1. Partes del Proyector de Perfil. Fuente:(Unceta 2002)

**2.1.1. Especificaciones Técnicas del Proyector de Perfil**

Las especificaciones técnicas del proyector de Perfil dadas por el fabricante son representadas en la Tabla 2-1, en la cual se identifican los componentes, características y alcances del mismo.

**Tabla 2-1 Especificaciones técnicas del Fabricante**

Proyección	Imagen recta normal		
Goniómetro	Diámetro de medición efectivo $\varnothing$ 306 mm.		
	Rango de medición:	$\pm 360^\circ$ (La visual. del contador es hasta $\pm 370$ )	
	Visualización angular:	Digital	
	Resolución:	1' ó 0,01° seleccionable (') minutos (°) grados	
	Línea reticular:	La referencia es la reticular continua	
	Contador angular:	Ajuste cero, selección de modo ABS/INC	
Unidad de lectura	Escala lineal		
Adaptador de lente	Torreta de 3 adaptadores, adaptadores bayoneta		
Altura máx. de la pieza	105 mm		
Lente de proyección (lente distancia focal)	Accesorio estándar:	10 X	
	Accesorio opcional:	5X, 20X, 50X, 100X	
Exactitud de aumento	Iluminación de contorno:	0,1 % o menos	
	iluminación de superficie:	$\pm 0,15\%$ o menos	
Iluminación	de contorno:	Alimentación:	24V, 150W, lámpara halógena
		Selector de aumento:	Tipo Zoom, Iluminación telecéntrica
		Selector 2 tipos de brillo, filtro incorporado absorbente del calor	
	de superficie:	Reflexión vertical oblicua:	Alimentación: 24V, 150W, lámpara halógena Angulo iluminador de superficie ajustable para vertical de iluminación oblicua Con lentes de condensación ajustables
Avance vertical:	Cursor:	Cabeza de pantalla motorizada 105 mm	
	Método:	Manual	
		Motorizado ( con regulador de avance fino)	
Alimentación:	Selector externo:	CA100, 110, 120, 220, 240 V, 50/60 HZ.	
Dimensiones :	WxDxH :	430 X 847 X 1049 $\approx$ 1149 mm	
	Altura pantalla:	855 - 955 mm.	
	Filtro absorbente del calor		

**2.2. PROPIEDADES METROLÓGICAS DEL PROYECTOR DE PERFIL PJ-H3000F**

Las propiedades metrológicas del Proyector de perfil modelo PJ-H3000F, se identifican en las Tablas Tabla 2-2 de las propiedades metrológicas Generales del instrumentos; y las Tablas Tabla 2-4 y Tabla 2-5 de las propiedades en específico de los contadores Longitudinal y angular.

**Tabla 2-2. Propiedades Metrológicas generales del Proyector de Perfil**

Propiedades	Valores/ parámetros	
Indicación (ver epígrafe 1.3.1)	Digital	
Intervalo de indicación (ver epígrafe 1.3.2)	X	(0 a 100) mm
	Y	(0 a 50) mm
	$\alpha$	360°
Sistema de medida (ver epígrafe 1.2)	Escala lineal (codificador lineal) método de detección empleado (Método de inducción electromagnética) Contador angular Contador digital (LED) Modo ABS/INC intercambiable, Fijado del cero	
Repetibilidad y reproducibilidad	1 $\mu$ m	
Error máximo permisible longitud (ver epígrafe 1.3.8)	$EMP = 3 + 0,02 \times L \mu\text{m}$ L en mm (2-2)	
Error máximo permisible de amplificación (ver epígrafe 1.3.8)	Iluminación de contorno	$\pm 0,1 \%$
	Iluminación de superficie	$\pm 0,15 \%$
Variables de influencia sobre el sensor óptico (ver epígrafe 1.3.5)	$\varnothing$ mínimo detectable	0,2 mm
	Repetibilidad	1 $\mu$ m
	Distancia mínima de canto	1mm
Condiciones de funcionamiento (ver epígrafe 1.3.3)	1. Vibración	Los componentes del proyector pueden perder su ajuste si están sujetos a vibraciones prolongadas, lo que dará como resultado el deterioro de la precisión de los resultados de medición. Si existe vibración en el lugar de instalación, se debe tomar las medidas necesarias para la reducción de la misma, por ejemplo poner debajo del proyector almohadillas de goma absorbentes de la vibración.
	2. Polvo	El polvo puede afectar a las partes ópticas y al mecanismo de precisión de la mesa causando desgaste y daños. El entorno del proyector, por tanto, tendrá que ser lo más libre de polvo posible.
	3. Luz	El destello sobre la pantalla dificulta la Visión. La luz directa solar puede provocar deformación en el proyector debido a la dilatación térmica, que afectará a la precisión de los resultados de medición. Por lo tanto, el proyector debe ubicarse de forma que no esté enfrente de una ventana o de las luces del lugar. Evitar colocar cerca de una ventana.
	4. carga	el Peso máximo de pieza que puede soportar la mesa es de 10 kg

**Propiedades** | **Valores/ parámetros**

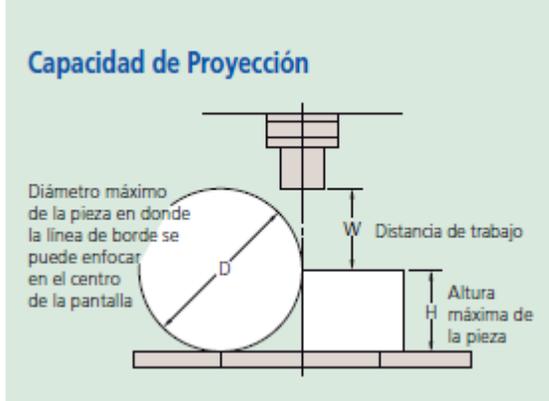


Figura. 2-2 Capacidad de Proyección.  
Fuente:(Mitutoyo 2012)

5. Capacidad de medición

**Tabla 2-3. Capacidad de Proyección**

Amplificación	5X	10X	20X	50X	100X
C	61,2	30,6	15,3	6,12	3,06
H	100	100	100	100	100
W	66	70,5	56,5	50	50
D	148	197	167	114	123

Unidades en mm

**Tabla 2-4. Propiedades Metrológicas de la Escala lineal**

Propiedades	Valores/ parámetros
Intervalo efectivo (1.3.2)	(50 a 1020) mm
Error máximo a 20°C (1.3.8):	$E = 3 + \frac{3L}{1000}$ (2-3) Donde E: es el error en $\mu\text{m}$ L: es el intervalo efectivo en mm
Forma de la onda de salida	Dos señales senoidales desfasadas 90°
Velocidad máxima de respuesta	72 m/min
Paso del grabado de la escala	20 $\mu\text{m}$
Paso del punto de referencia de la escala	50mm
Nivel de protección Polvo/Agua	IP53
Condición Nominal de Funcionamiento: (1.3.3)	Temperatura de operación: 0°C a 45°C

**Tabla 2-5. Propiedades metrológicas del Contador Angular**

Propiedades	Valores/ parámetros
Intervalo efectivo (1.3.2):	$\pm 370^\circ$
Resolución (1.3.4)	1' ó 0.01° (intercambiable)
Líneas de referencia	Líneas cruzadas

**2.2.1. Unidad de procesamiento 2D Micropack-9**

El Micropack -9 es un procesador de datos de operaciones simples, que realiza varias operaciones de en dos dimensiones y un cálculo simplificado del altura, con entradas de datos de coordenadas desde un contador o desde un Instrumento de medición, en este caso se realizará la medición desde el Proyector de Perfil PJ-H300F.

### **Funciones del Micropack-9**

El Micropack-9, presenta tres tipos de funciones:

1. Teclas de medición básicas: este dispositivo presenta 14 funciones básicas, las cuales son:
 

a. De punto	h. De intervalo
b. Distancia a punto	i. Distancia ortogonal
c. De círculo	j. Intersección línea punto
d. De elipse	k. Intersección línea círculo
e. Agujero cuadrado	l. Intersección círculo-círculo
f. Agujero ranurado	m. Perpendicularidad
g. Intersección de dos líneas	n. Paralelismo y altura
  
2. Teclas de ajuste de coordenadas rectangulares: Estas teclas son útiles para definir varios sistemas de coordenadas según piezas a medir, permite realizar la medición sin efectuar la operación de alineación ya que traslada el eje de coordenadas de referencia del Proyector de Perfil a las coordenadas de la posición de la pieza sobre la mesa de medición, facilitando el proceso. Dispone de cinco tipos de ajuste, y el Micropack-9 permite trabajar simultáneamente dos sistemas.
 

Otro sistema de coordenadas que define este equipo es el de coordenadas polares, el cual se activa con la tecla  $\frac{XY}{ra}$
  
3. Teclas auxiliares: estas tienen varias aplicaciones de medición y proceso de dato.

### **Aplicaciones del Micropack-9**

Este equipo puede ser controlado interactivamente mediante teclas de un solo toque, y dispone de las siguientes aplicaciones:

1. Mostar los procesos de mediciones y los resultados de cálculo en una pantalla de cristal liquido LCD (siglas que provienen del acrónimo en inglés *Liquid Crystal Display*, que quiere decir pantalla de cristal líquido).
2. Transmitir coordenadas de medición y resultados de cálculo y a:

- a. Impresora incorporada.
- b. Ordenador personal vía salida RS232C.

### **Transmisión de datos**

Para la transmisión de salida de los datos a dispositivo externo conectado al Micropack-9 vía RS232C se dispone de dos clase de formato de salida:

1. Formato MPK-7 y MUX-10: Para instrumentos de medición del mismo fabricante Mitutoyo.
2. Formato CSV

### **Especificaciones de Entrada y Salida de datos**

Las especificaciones de entrada RS232C se muestran en la Tabla 2-6.

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Protocolo de Comunicación:	Half Duplex
Método de transmisión	asincrónico
Velocidad de comunicación	600; 1200, 2400; 4800; 9600 baudios

### **Proceso de comunicación:**

El dato de comunicación vía RS232C consta de símbolos de control de transmisión y datos de transmisión. La Tabla 2-7 resume la información del tipo de transmisión y la Figura. 2-3.

Formato de interacción

<b>Nombre del símbolo</b>	<b>Dirección de señal</b>	<b>Definición</b>
ENQ	Fuera	Consulta sobre transmisión de datos
ACK	Dentro	Reconocimiento de datos
NAK	Dentro	No esta listo para recibir datos
EOT	Fuera	Fin de transmisión

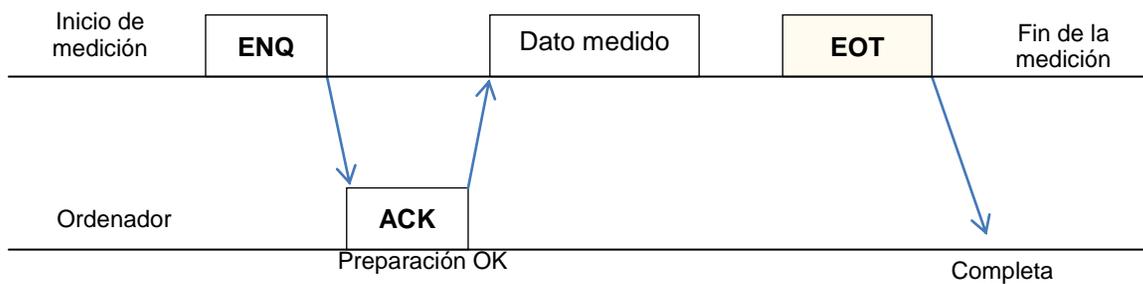


Figura. 2-3. Formato de interacción. Fuente: Unceta 2002

## 2.3. OPERACIONES CON PROYECTOR DE PERFIL

El proyector de Perfil como se indica en el Capítulo 1 es un instrumento de metrología dimensional capaz de efectuar medidas de magnitudes macrogeométricas, dimensionales (longitudes y ángulo) y formas diversas por amplificación mecánico óptica.

Las operaciones que se realizan en el Proyector de Perfil, son básicas, se describen aquellas que son posibles de efectuar por el usuario, con un sentido común de ejecución se pueden realizar las operaciones de Ajuste, Medición, Calibración, Verificación.

### 2.3.1. Ajuste:

El Manual de usuario del Proyector de Perfil (Unceta 2002) describe en la sección de Montaje y ajuste, una serie de actividades que son definidas como comprobaciones, sin embargo, la terminología correcta de estas es de ajuste, dichas actividades son:

#### **Comprobación de la posición del filamento de iluminación del contorno:**

Se realizó el procedimiento descrito en la sección 4.3.1 “Bombillas para la iluminación del contorno” del manual anteriormente mencionado, se observó que la imagen proyectada no se encontraba en la posición correcta, se procedió a realizar el ajuste de la lámpara en el receptáculo, y se corrigió la posición de la misma. Finalmente se obtuvo una imagen más nítida del filamento de la iluminación del contorno en la pantalla.

**Comprobación de la precisión del aumento:**

Se realizó el procedimiento descrito en la sección 2.4.5 del manual de uso del Proyector de Perfil (Unceta 2002) que describe los pasos para realizar esta comprobación, determinando el error de aumento según la ecuación (2-4):

$$\Delta_M = \frac{L - \lambda M}{\lambda M} \times 100\% \quad (2-4)$$

Donde:

- $\Delta_M$ : error de aumento en %  
 $L$ : longitud medida de la regla patrón en mm  
 $\lambda$ : Valor de indicación de la regla en mm  
 $M$ : Aumento del lente de proyección (%)

Los valores evaluados en el procedimiento de comprobación de la precisión de aumento obtenidos se observan en la Tabla 2-8

**Tabla 2-8. Resultados de la Comprobación de la precisión de aumento**

Longitud de la regla patrón mm	Valor de indicación de la Regla			$\Delta M_{5X}$ (%)	$\Delta M_{10X}$ (%)	$\Delta M_{20X}$ (%)	EMP sup (%)	EMP inf (%)
	5X mm	10X mm	20X mm					
50	10,004	5,004	2,497	-0,040	-0,020	0,007	0,050	-0,050
100	20,004	9,995	5,005	-0,080	0,050	-0,025	0,100	-0,100
140	27,996	14,005	7,003	0,112	-0,070	-0,021	0,140	-0,140

Los resultados de la comprobación evidencian que el Proyector de Perfil PJ-H3000F del laboratorio cumple con el Error Máximo Permitido según fabricante (Mitutoyo 2012) para cada valor de longitud, en cada una de las ampliaciones disponibles en el equipo, tal como lo muestra la Figura. 2-4

**Comprobación de la dirección del recorrido de la mesa y de giro de la pantalla:**

Antes de realizar cualquier medición, el manual anteriormente mencionado (Unceta 2002) señala que es conveniente verificar el recorrido de la mesa en ambas direcciones y la posibilidad de giro continua de la pantalla en cualquier dirección fijada en la posición de referencia

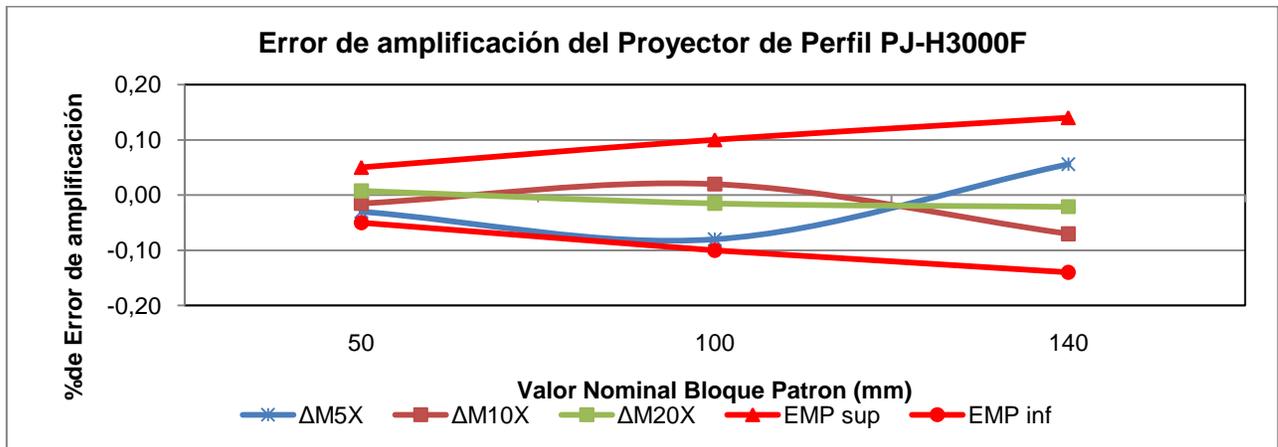


Figura. 2-4 Diagrama de Comprobación de la Precisión de aumento

### 2.3.2. Calibración:

El método de calibración aplicado al proyector de Perfil PJ-H3000F según el epígrafe Calibración:1.4.2, es de comparación directa con un patrón, en este método se comparan directa e instantáneamente los valores proporcionadas por instrumento de medición sometido a calibración, contra los valores proporcionados por un patrón..

El procedimiento de calibración del Proyector de Perfil aplicado es el publicado por el Centro español de Metrología CEM (CEM 2003), describe los patrones recomendados, los procesos a seguir y la forma de emitir los resultados obtenidos

### Patrones para la calibración de Proyectores de Perfil

Para realizar la calibración se utilizaran preferiblemente los siguientes patrones:

- i. Bloques Patrones longitudinales (BPL) de grado 2 o superior, clasificación según Norma venezolana (COVENIN 1999) “2477:99 Instrumentos de medición. Bloques Patrón” y la Norma Internacional (ISO 2008) “3650 Especificación geométrica de productos (GPS). Patrones de longitud. Bloques patrón” para los dos ejes de medida longitudinales por proyección,
- ii. Bloques patrones angulares (BPA) y polígono patrón para el eje de medida angular por proyección. La Institución no posee este tipo de patrones, por lo que no se realizó este ensayo.

- iii. Patrones de trazos reglas o escalas de vidrio longitudinales clase 1, según clasificación de la Norma venezolana (COVENIN 1989) y la Recomendación de la R-35 “*Material measures of length for general use*” (OIML 1989) para los dos ejes de medida longitudinales por reflexión (iluminación diascópica), y
- iv. Patrones de trazos angulares para el eje de medida angular por reflexión. La Institución no posee este tipo de patrones, por lo que no se realizó este ensayo.

### **Proceso de Calibración**

El proceso de calibración sigue los siguientes pasos:

1. Calibración de la proyección por luz transmitida o de iluminación episcópica: esta calibración se debe realizar en los ejes de medida longitudinales con los patrones descritos en el punto anterior (i), midiendo una serie de BP repitiendo de 6 a 10 veces, según (Becerra 2004). Para la escala angular no se realizó la calibración debido a que la Institución no posee el patrón descrito en el punto (Horimoto, Sakamoto et al.),
2. Calibración de la proyección por luz reflejada o iluminación diascópica: para realizar esta actividad se requiere utilizar los patrones descritos en el punto anterior (iii) midiendo en varios puntos de la escala de la regla de vidrio. La calibración se realizará entre 5 y 10 puntos aproximadamente equidistantes a lo largo del campo de la medida, para cada uno de los ejes. Para la escala angular no se realizó la calibración debido a que la Institución no posee el patrón descrito en el punto (iv),

### **Intervalos de recalibración**

Para establecer intervalos de recalibración el Procedimiento del CEM anteriormente mencionado señala que el periodo recomendable es entre 24 y 36 meses, aunque el usuario debe establecer el intervalo de calibración en función del uso y de la deriva del instrumento, no obstante, el Documento 10 de la OIML “*Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments*” establece los métodos para determinar los periodos de calibración,

inclusive (Soriano and Gutiérrez 2004) presentan un análisis de los métodos para determinar estos intervalos de calibración.

### **Estimación de la Incertidumbre de la calibración**

Para la estimación y cálculo de la incertidumbre se desarrolla de acuerdo a la siguiente secuencia, considerando los pasos establecidos por la Guía para la estimación de la incertidumbre de la ((ISO 1995; CEM 2008; OIML 2008)

1. Calibración de los ejes longitudinales: para realizar los cálculos de incertidumbre de los ejes longitudinales se siguieron los siguientes pasos:

1.1. Modelo matemático: la función que describe el proceso de calibración se puede aproximar a la ecuación (2-5)

$$D_{\bar{i}} = \bar{l}_j - l_{p20^{\circ}\text{C}}[1 + \alpha_p(t - 20)] \quad (2-5)$$

Donde:

$D_{\bar{i}}$ : :Desviación respecto al valor corregido del patrón en el punto j

$\bar{l}_j$ : :Valor medio de la calibración en el punto j

$l_{p20^{\circ}\text{C}}$ : :Valor certificado a 20°C del patrón empleado en el punto j de calibración

$\alpha_p$ : Coeficiente de dilatación lineal del patrón considerado ( $\alpha_p = 11,5 \times 10^{-6}\text{°C}^{-1}$ )

$$t = \frac{(t_f - t_i)}{2}; \quad (2-6)$$

Las variables de la ecuación (2-6)  $t_f$  y  $t_i$  son las temperaturas finales e iniciales en el momento de realizar la calibración de cada punto

1.2. Identificación de las fuentes de incertidumbre: las contribuciones de las distintas fuentes de error asociadas al proceso podrían ser:

- i. Repetibilidad de las mediciones
- ii. Resolución del Proyector de Perfil
- iii. Error de histéresis del Proyector de Perfil
- iv. Incertidumbre asociada a los patrones usados; según certificado de calibración.
- v. Error por la precisión del aumento

vi. Incertidumbre en longitud debido a la variación de la temperatura

### 1.3. Cuantificación y estandarización de las fuentes de incertidumbre:

- i. Para la contribución debido a la repetibilidad de las mediciones se calcula la desviación estándar de la muestra según la ecuación (2-7)

$$\mu_{1.1} = \frac{S_j}{\sqrt{n}} \quad (2-7)$$

Donde

$\mu_{1.1}$ : la incertidumbre estandarizada asociada a la repetibilidad de las mediciones en mm

$S_j$ : La varianza de repetibilidad en mm

$n$ : Número de repeticiones, en este caso  $n = 8$

- ii. Para la contribución debido a la resolución del Proyector de Perfil se estima asociando el valor de la resolución a una distribución uniforme, para calcular esta contribución se tiene la ecuación (2-8):

$$\mu_{1.2} = \frac{e}{\sqrt{6}} \quad (2-8)$$

Donde

$\mu_{1.2}$ : Incertidumbre estandarizada asociada a la resolución del Proyector de Perfil en mm

$e$ : Resolución del Proyector de perfil  $e = 0,001\text{mm}$

- iii. Para la estimación de la incertidumbre estandarizada del error de histéresis se tiene la ecuación (2-9)

$$\mu_{1.3} = \frac{E_{Hist}}{\sqrt{3}} \quad (2-9)$$

Donde:

$\mu_{1.3}$ : Incertidumbre estandarizada del error de histéresis

$E_{Hist}$ : Error de histéresis determinado en el proceso de calibración, se considera el valor máximo de los valor obtenidos

- iv. Para la incertidumbre asociada al patrón de calibración usado se calcula según la ecuación (2-10) , en este caso los Bloques Patrón BP

$$\mu_{1.4} = \frac{U_{certf}}{k} \quad (2-10)$$

Donde

$\mu_{1.4}$ : Incertidumbre estandarizada asociada al patrón de calibración

$U_{certf}$ : Incertidumbre expandida reportada en el certificado de calibración de los BP en mm

$k$ : Nivel de confianza del valor reportado en el certificado de calibración de los BP.

Generalmente la incertidumbre expandida es expresada para un nivel de confianza de  $k = 2$  con aproximadamente un 95% de confiabilidad, según (OIML 2008)

- v. Incertidumbre estandarizada asociada al error de precisión de amplitud se estima según la ecuación (2-11)

$$\mu_{1.5} = \frac{\Delta M \times D_{\bar{l}_{max}}}{\sqrt{3}} \quad (2-11)$$

donde

$\mu_{1.4}$ : Incertidumbre estandarizada asociada al error de precisión de amplitud en mm

$\Delta M$ : El error de amplificación en %

$D_{\bar{l}_{max}}$ : Desviación máxima respecto al valor corregido

- vi. Incertidumbre estandarizada asociada a variación de la longitud debido a la variación de la temperatura, se calcula según la ecuación (2-12)

$$\mu_{1.6} = (l_{pj\ 20^{\circ}\text{C}} \times \alpha_p) \frac{\delta_t}{\sqrt{3}} \quad (2-12)$$

Donde:

$\mu_{1.6}$ : Incertidumbre estandarizada asociada a la variación de longitud debido a la variación de la temperatura

$l_{pj\ 20^{\circ}\text{C}}$ : La máxima distancia calibrada en el Eje

$\delta_t$ : Variación de la temperatura ambiente respecto a la temperatura de referencia de 20°C, para laboratorios de taller según el procedimiento de calibración del proyector de Perfil del (Unceta 2002) ese valor debe estar en el rango (20 ±5)°C, por lo que el valor para  $\delta_t = 5^{\circ}\text{C}$

$\alpha_p$ : Coeficiente de dilatación lineal del patrón considerado ( $\alpha_p = 11,5 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

1.4. Combinación de las Incertidumbres: la combinación es el resultado de la combinación de las contribuciones de todas las fuentes es la incertidumbre estándar, según la ecuación (2-13)

$$\mu_C = \sqrt{\mu_{1.1}^2 + \mu_{1.2}^2 + \mu_{1.3}^2 + \mu_{1.4}^2 + \mu_{1.5}^2 + \mu_{1.6}^2} \quad (2-13)$$

1.5. Expansión de la Incertidumbre: esta se obtiene multiplicando la incertidumbre combinada por un factor k como se muestra en la ecuación (2-14), llamado factor de cobertura. El valor de este factor según la (OIML 2008) es igual a 2, para un nivel de confianza de aproximadamente 95%

$$U = k \times \mu_C \tag{2-14}$$

**Calibración del Proyector de perfil PJ-H3000F**

Los resultados de la calibración obtenidos durante el proceso de la calibración son mostrados en las Tabla 2-9; Tabla 2 10 y Tabla 2 11

**Tabla 2-9. Registros de Datos de la Calibración de Proyector de Perfil**

<b>Ubicación:</b>	Laboratorio de Metrología del Dpto. de Mecánica del IUT RC "Dr. Federico Ribero Palacio
<b>Dirección:</b>	km 8 de la Carretera Panamericana, Caracas, DF.
<b>Fabricante</b>	Mitutoyo
<b>Modelo:</b>	PJ-H300F
<b>Serial:</b>	56743246
<b>Campo de medida:</b>	X= 100mm; Y = 50 mm
<b>Resolución:</b>	0,001mm
<b>Fecha de Calibración:</b>	jun-12
<b>Analista:</b>	Lara I.

**Tabla 2-10. Resultados de la calibración de Iluminación Episcópica del EJE X del Proyector de Perfil PJ-H300F**

Longitud Nominal mm	L <sub>x1</sub> mm	L <sub>x2</sub> mm	L <sub>x3</sub> mm	L <sub>x4</sub> mm	L <sub>x5</sub> mm	L <sub>x6</sub> mm	L <sub>x7</sub> mm	L <sub>x8</sub> mm	$\bar{L}_{xi}$ mm	D <sub>xi</sub> mm	S <sub>xi</sub> mm	Error de histéresis mm
10	9,995	9,996	9,997	9,999	9,992	9,993	9,995	9,997	9,996	-0,002	0,002	0,007
15	14,997	14,998	14,998	15,003	14,998	14,997	14,999	14,996	14,998	-0,002	0,002	0,007
20	19,996	19,994	19,997	19,989	19,991	19,992	19,997	19,995	19,994	-0,003	0,003	0,008
25	24,991	24,996	24,997	24,998	24,989	24,991	24,996	25,000	24,995	-0,003	0,004	0,011
50	50,000	49,995	49,999	49,997	49,999	49,998	49,997	49,999	49,998	-0,002	0,002	0,005
75	74,998	74,998	74,994	74,994	75,005	75,003	75,005	75,000	75,000	0,000	0,004	0,011
100	100,00	99,999	99,997	100,00	99,996	100,00	99,999	100,00	100,00	0,000	0,002	0,007

**Tabla 2-11. Resultados de la calibración de Iluminación Episcópica del EJE Y del Proyector de Perfil PJ-H300F**

Longitud Nominal mm	L <sub>y1</sub> mm	L <sub>y2</sub> mm	L <sub>y3</sub> mm	L <sub>y4</sub> mm	L <sub>y5</sub> mm	L <sub>y6</sub> mm	L <sub>y7</sub> mm	L <sub>y8</sub> mm	$\bar{L}_{yi}$ mm	D <sub>yi</sub> mm	S <sub>yi</sub> mm	Error de histéresis mm
10	9,998	9,999	9,997	9,999	9,999	9,998	9,998	9,997	9,998	-0,002	0,001	0,002
15	14,997	14,998	14,998	15,003	14,998	14,997	14,999	14,996	14,998	-0,002	0,002	0,007
20	19,996	19,994	19,997	19,998	19,998	19,999	19,997	19,996	19,997	-0,003	0,002	0,005
25	24,997	24,996	24,997	24,998	24,999	24,991	24,996	25,000	24,997	-0,003	0,003	0,009
50	50,000	49,995	49,999	49,997	49,999	49,998	49,997	49,999	49,998	-0,002	0,002	0,005
75	74,998	74,998	74,994	74,994	75,005	75,003	75,005	75,000	75,000	0,000	0,004	0,011
100	100,00	99,999	99,997	100,00	99,996	100,00	99,999	100,00	100,00	0,000	0,002	0,007

Donde

- L<sub>ji</sub>: Lectura i-ésima en el eje j-ésimo que se está calibrando
- $\bar{L}_{ji}$ : Valor medio de la calibración en el punto i-ésimo del eje j-ésimo
- D<sub>ji</sub>: Desviación respecto al valor corregido del patrón en el i-ésimo punto, del j-ésimo eje
- S<sub>ji</sub>: Desviación estándar de repetibilidad en el i-ésimo punto del j-ésimo eje

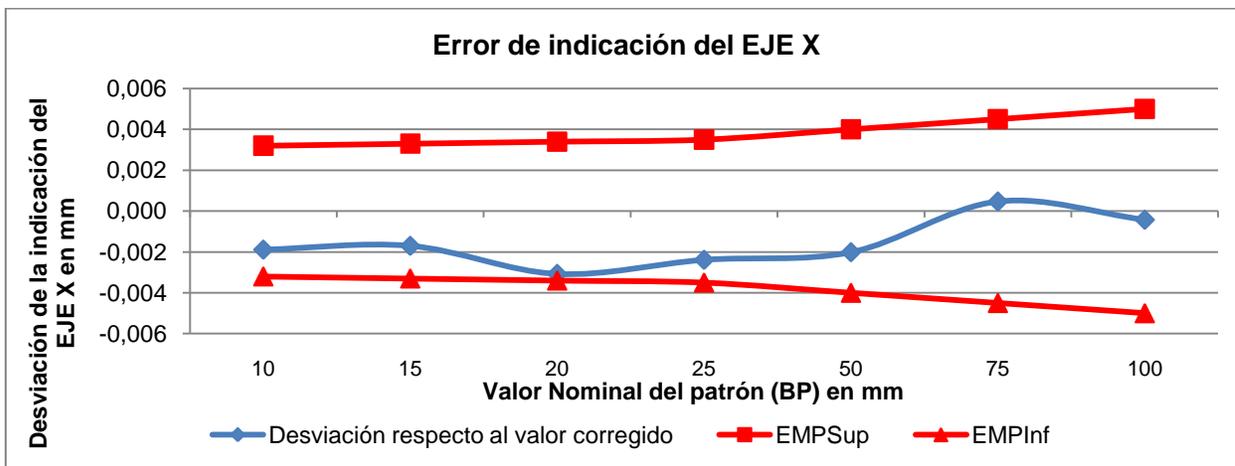


Figura. 2-5. Diagrama de calibración del EJE X

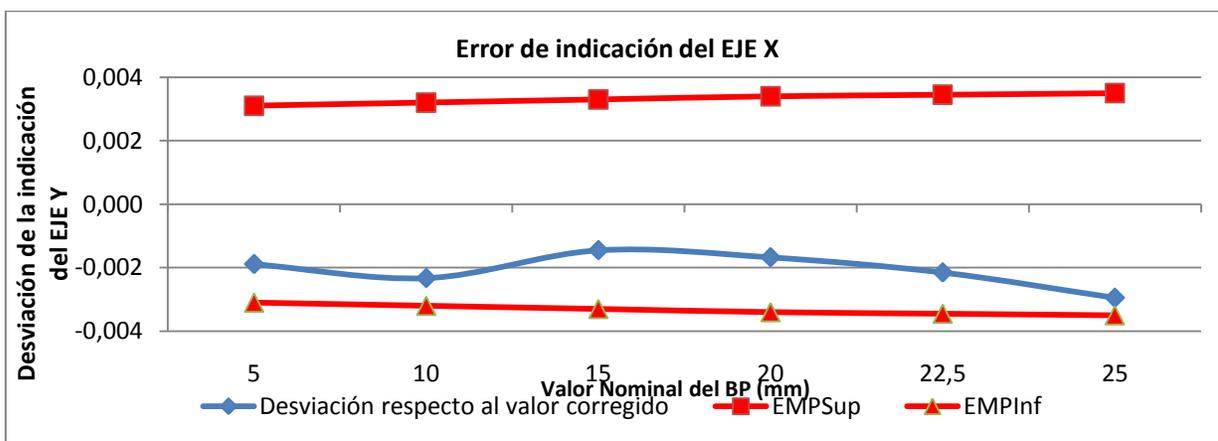


Figura. 2-6. Diagrama de Calibración de EJE Y

Se puede concluir que los errores de indicación de los Ejes longitudinales X y Y, se encuentran dentro de los errores máximos permitidos según ecuación (2-2) para Proyector de Perfil. Sin embargo, para establecer la calidad de los resultados obtenidos es necesario estimar la incertidumbre de calibración del equipo y poder determinar el intervalo de confianza de los mismos

La contribución a la incertidumbre en la calibración del Eje X del Proyector de Perfil PJ-H3000F se muestra en la Tabla 2 10, y los porcentajes de contribución de cada fuente de incertidumbre estimada asociada se muestran en la Tabla 2-12 y Tabla 2-13. De manera similar también se presentan en Tabla 2-13 las contribuciones para el Eje Y.

**Tabla 2-12 Contribución a la incertidumbre combinada en la calibración del EJE X**

Incertidumbres Asociadas		Incertidumbre Estandarizada (Reza, Ghadim et al.)	Distribución de probabilidades	Combinación de las incertidumbres (Reza, Ghadim et al.)
Repetibilidad de las mediciones	$\mu_{1.1}$	0,001	Normal	9,64E-07
Resolución del Proyector de Perfil	$\mu_{1.2}$	0,001	Rectangular	3,33E-07
Error de histéresis del Proyector de Perfil	$\mu_{1.3}$	0,004	Rectangular	1,63E-05
Incertidumbre asociada a los patrones usados; según certificado de calibración.	$\mu_{1.4}$	0,000	Normal	6,25E-08
Error por la precisión del aumento	$\mu_{1.5}$	0,000	Rectangular	2,34E-14
Variación de temperatura	$\mu_{1.6}$	0,001	Rectangular	1,96E-06
Incertidumbre combinada $\square_c$				<b>4,43E-03</b>
Incertidumbre expandida U con una probabilidad de aproximadamente 95% con un factor de cobertura k=2				<b>8,87E-03</b>

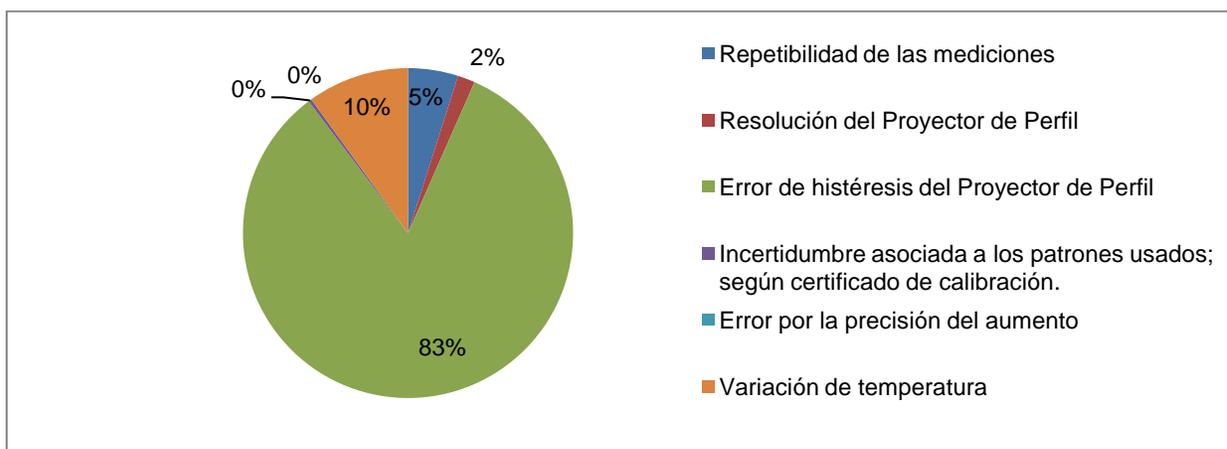


Figura. 2-7. Gráfica de porcentaje de contribuciones de las incertidumbres asociadas

**Tabla 2-13 Contribución a la incertidumbre combinada en la calibración del EJE Y**

Incertidumbres Asociadas		Incertidumbre Estandarizada (Reza, Ghadim et al.)	Distribución de probabilidades	Combinación de las incertidumbres (Reza, Ghadim et al.)
Repetibilidad de las mediciones	$\mu_{1.1}$	0,001	Normal	2,16E-06
Resolución del Proyector de Perfil	$\mu_{1.2}$	0,001	Rectangular	3,33E-07
Error de histéresis del Proyector de Perfil	$\mu_{1.3}$	0,008	Rectangular	5,63E-05
Incertidumbre asociada a los patrones usados; según certificado de calibración.	$\mu_{1.4}$	0,000	Normal	6,25E-08
Error por la precisión del aumento	$\mu_{1.5}$	0,000	Rectangular	0,00E+00
Variación de temperatura	$\mu_{1.6}$	0,000	Rectangular	5,76E-15
Incertidumbre combinada $\square_c$				<b>7,67E-03</b>
Incertidumbre expandida U con una probabilidad de aproximadamente 95% con un factor de cobertura k=2				<b>1,53E-02</b>

Se puede concluir que la fuente de incertidumbre asociada que tiene mayor impacto en el proceso de calibración del Eje X del proyector de Perfil es la incertidumbre asociada al error de histéresis.

Los resultados obtenidos en la calibración del proyector de Perfil se deben relacionar con la incertidumbre de calibración, esto permite establecer el intervalo de confianza de estos valores . Sin embargo, el resultado de la incertidumbre de la calibración asociada a los errores de la calibración superan los errores permitidos del Proyector de Perfil tal como lo muestran la Figura. 2-8 y Figura. 2-9.

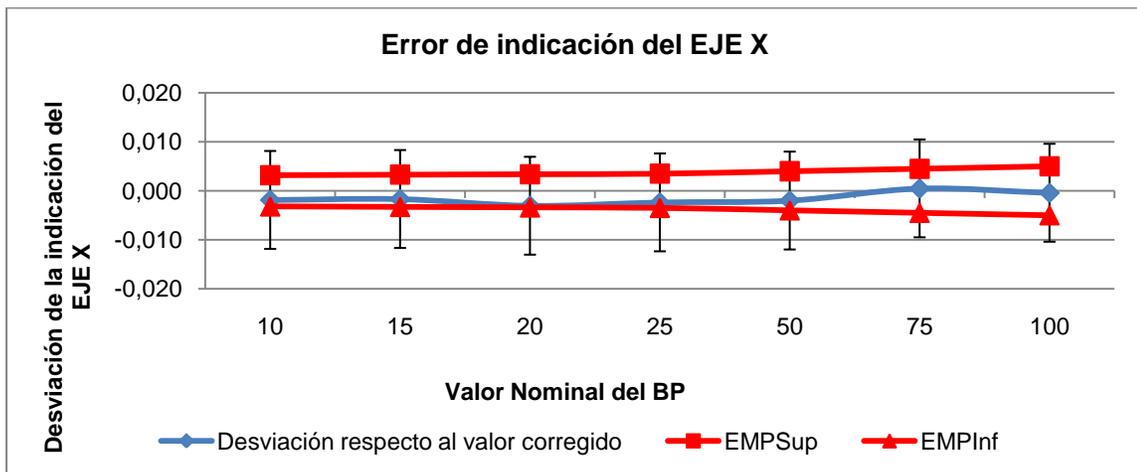


Figura. 2-8 Diagrama de calibración del EJE X (2)

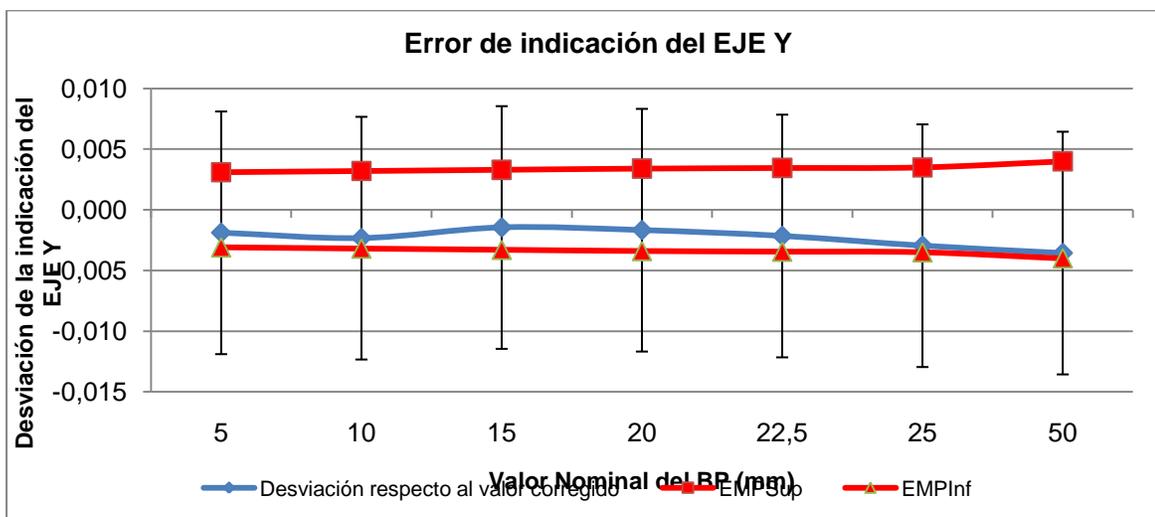


Figura. 2-9 Diagrama de calibración del EJE Y (2)

La evaluación de los errores de indicación obtenidos en la calibración, respecto a los errores máximos permitidos y tal como se muestra en las Figura. 2-8 y Figura. 2-9 se establecen para justipreciar (emitir juicio en) el cumplimiento de estos errores en el marco de la Metrología Legal, es decir, el objetivo de esta evaluación es realizar el Control Metrológico tal como lo expresa Ley de Metrología (RBdV 2007) siguiendo las recomendaciones de la OIML (OIML 1981) , sin embargo, la evaluación de los instrumentos en el campo de la metrología industrial, según lo indica el epígrafe 1.4.2, tiene como objetivo el caracterizar los errores del instrumento, para establecer el valor de la incertidumbre instrumental que permite caracterizar el proyector de Perfil PJ-H3000F y obtener la trazabilidad de los resultados.

### 2.3.3. Verificación:

Como complemento a la calibración propiamente dicha, puede efectuarse una verificación con intervalo menor, por ejemplo trimestralmente, consistente en la medición de un bloque patrón longitudinal (BPL) y de un bloque patrón angular (BPA), el primero de valor nominal aproximadamente igual a un medio del Campo de medida según Ecuación (2-1) de la escala longitudinal ( $C/2$ ) y el segundo de cualquier valor nominal, para comprobar que las diferencias entre las lecturas obtenidas ( $X_1$  para el eje horizontal menor y  $X_2$  para el mayor,  $\alpha$  para el eje angular) y los valores nominales ( $X_0$ ,  $\alpha_0$ ), no difieren, en valor absoluto, en más del triple de cada división de escala, tal como lo establecen las ecuaciones (2-15); (2-16) y (2-17)

$$|X_1 - X_0| \leq 3E \quad (2-15)$$

$$|X_2 - X_0| \leq 3E \quad (2-16)$$

$$|\alpha - \alpha_0| \leq 3E\alpha \quad (2-17)$$

Donde:

- $X_1$ : Lectura mayor del eje evaluado con el (BP) en mm
- $X_2$ : Lectura menor del eje evaluado con el (BP) en mm
- $X_0$ : Valor nominal del (BP) en mm
- $\alpha_0$ : Valor nominal del bloque patrón de ángulo en minutos (')

$E$ :	Resolución de la escala de los ejes longitudinales en mm
$E_{\alpha}$ :	Resolución de la escala del eje angular en minutos (')

Esta operación pierde sentido ante una calibración reciente, por lo que es conveniente esperara al menos tres meses para ejecutarle. Esta evaluación permite obtener una propiedad metrológica descrita en el epígrafe 1.3.5, la deriva instrumental.

#### **2.3.4. Medición:**

La medición en el proyector de perfil, tal como se indica en el epígrafe 1.4.1, es el conjunto de actividades realizadas para obtener el valor de la dimensión de diferentes piezas, con medidas hasta 150 mm.

Antes de realizar cualquier medición, es conveniente verificar que la pantalla de proyección puede girar continuamente en cualquier dirección fijada en la posición de referencia. Sobre la pantalla hay dos líneas perpendiculares entre sí, que después de verificar la posición de cero quedan en posición horizontal y vertical. Estas líneas son la referencia para efectuar mediciones. Una vez enfocada la imagen se alinea algún lado de la pieza con alguna de las líneas citadas, auxiliándose del desplazamiento que es posible lograr en dos direcciones ejes X y Y mutuamente perpendiculares a la mesa. Sin embargo, con la adaptación del procesador de datos Micropack-9, no es necesaria la alineación, debido a que una de las prestaciones de esta dispositivo es referenciar el sistema de coordenadas a la pieza.

La forma de efectuar una medición, en general, consiste en realizar un enrase con uno de los retículos de la pantalla de proyección sobre uno de los bordes o aristas de definición del mensurando (pieza a medir), luego, mediante las traslaciones de los ejes longitudinales y los giros del eje angular que sean necesarios, efectuar un segundo enrase sobre el otro borde o arista que delimitan la magnitud a medir sobre el mensurando, registrando las indicaciones de medida correspondientes.

### **Medición de pieza Suplemento de Caliper**

Se realizó la medición siguiendo dos métodos, el método manual, con ayuda de las plantillas normalizadas de radios; y con la asistencia del procesador de datos Micropack-9. Cabe destacar, que no se pudo utilizar el sensor óptico, debido a que presentaba una falla en la captura de los valores, indicando desviaciones de aproximadamente  $35\ \mu\text{m}$ , respecto al valor nominal de un Bloque patrón de 10mm.

La pieza a medir es un suplemento del Caliper de freno ver Anexo del montaje completo de la pieza.

Se seleccionaron los elementos más significativos y con un cierto grado de dificultad para determinar sus dimensiones, la Tabla 2-14 y la Tabla 2-15 y muestran los resultados de la medición obtenidos para la medición manual y las para la medición con el Micropack-9.

Se seleccionó un aumento de 20X, debido a que las dimensiones de la pieza están dentro del campo de visualización del proyector de perfiles, para facilitar la medición por la calidad de la imagen proyectada.

Para la medición manual se realizó la alineación, actividad que con el Micropack-9 no es necesaria, y se estableció el sistema de referencia tal como lo indica la Figura. 2-10

Para realizar la comparación de los resultados de la medición de ambos métodos se estimaron las incertidumbres asociadas al proceso y se presentan las contribuciones de cada fuente de error en la Tabla 2-16 y Tabla 2-17

Otra posible evaluación está relacionada al tiempo promedio de realización de la medición, donde evidentemente el tiempo de respuesta mas corto es el método con el Micropack.

El uso de las plantillas para obtener los radios de los bordes, contribuyó en el aumento de la incertidumbre expandida  $U$ , sin el procesador de datos, incorporando a la tabla de contribución

de errores valores asociados como exactitud de la plantilla, cuya contribución se estima según la ecuación (2-18) , dada por el fabricante, así como también el ancho de trazo de la plantilla, el cual según el modelo es 0,1 mm. Todas estas contribuciones se les asocia una distribución de probabilidades uniforme, estandarizando así su incertidumbre típica.

$$e = 0,04 + \frac{L}{3000} \tag{2-18}$$

donde

*e*: Erro de exactitud en la longitud en mm

*L*: Valor de longitud en mm

**Tabla 2-14. Informe de medición manual**

<b>Pieza:</b>		Suplemento de Caliper	
<b>Elementos medido:</b>		11	
Diámetros de circulo		2	
Radios		5	
Distancias entre centros		4	
<b>Equipos Usados:</b>			
Proyector de Perfil PJ-H300F			
Plantilla de radios			
<b>Tiempo medio de ejecución:</b>		140 min	
Nr de Elem.	Valor Nominal mm	Valor medido mm	Desviación mm
1	15,5	15,530	0,030
2	15,5	15,608	0,108
3	29	29,011	0,011
4	19	18,899	-0,101
5	21	21,101	0,101
6	7	6,986	-0,014
7	15	15,141	0,141
8	5	5,301	0,301
9	1	1,112	0,112
10	2	2,090	0,090

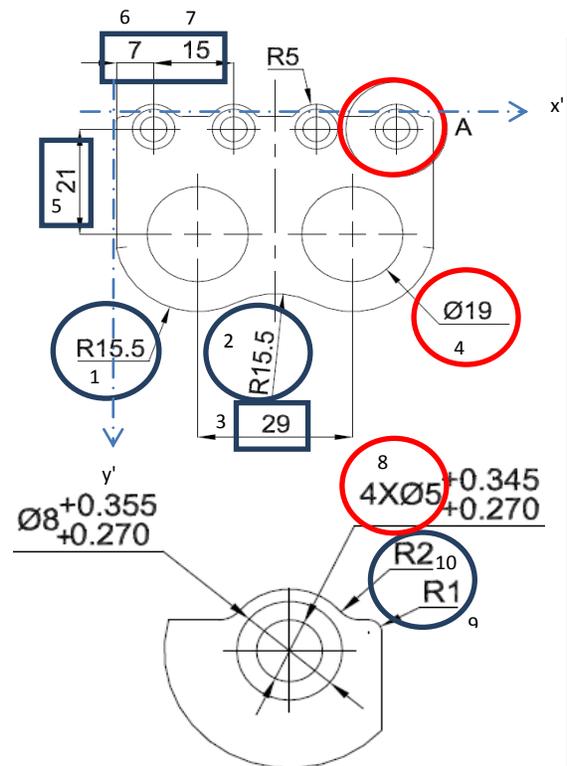


Figura. 2-10. Detalle de los elementos medidos

**Tabla 2-15. Informe de medición con Micropack-9**

<b>Pieza:</b> Suplemento de Caliper			
<b>Elementos medido:</b>		<b>11</b>	
Diámetros de círculo		2	
Radios		5	
Distancias entre centros		4	
<b>Equipos Usados:</b>			
Proyector de Perfil PJ-H300F			
Micropack-9			
<b>Tiempo medio de ejecución:</b>		40 min	
<b>Coordenadas del sistema de referencia</b>		x'	y'
		-23,838	-59,858
Nr de Elem.	Valor Nominal mm	Valor medido mm	Desviación mm
1	15,5	15,503	0,003
2	15,5	15,502	0,002
3	29	29,008	0,008
4	19	18,959	-0,041
5	21	20,92	-0,08
6	7	6,962	-0,038
7	15	15,151	0,151
8	5	5,099	0,099
9	1	0,815	-0,185
10	2	1,983	-0,017

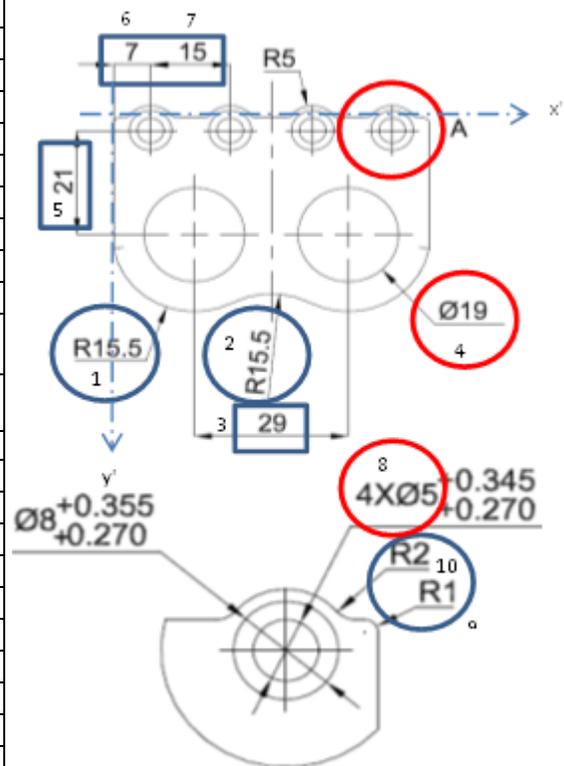


Figura. 2-11. Detalle de los elementos medidos

**Tabla 2-16. Contribución de los errores asociados a la medición Manual**

Incertidumbres Asociadas	Incertidumbre Estandarizada (mm)	Distribución de probabilidades	Combinación de las incertidumbres (mm)
Repetibilidad de las mediciones	0,034	Normal	1,15E-03
Resolución del Proyector de Perfil	0,001	Rectangular	3,33E-07
Ancho de trazos de la Plantilla	0,058	Rectangular	3,33E-03
Error de exactitud de la plantilla	0,029	Rectangular	8,22E-04
Error de histéresis del Proyector de Perfil	0,004	Rectangular	1,60E-05
Error de alineación	0,006	Rectangular	3,33E-05
U asociada a la calibración del Proyector de perfil	0,004	Normal	1,60E-05
Error por la precisión del aumento	0,009	Rectangular	7,50E-05
Variación de temperatura de la plantilla	0,002	Rectangular	5,11E-06
Variación de temperatura de la pieza a medir	0,002	Rectangular	5,11E-06
Incertidumbre combinada $\mu_c$			0,074
Incertidumbre expandida U con una probabilidad de aproximadamente 95% con un factor de cobertura k=2			0,148

Tabla 2-17. Contribución de los errores asociados a la medición con Micropack-9

Incertidumbres Asociadas	Incertidumbre Estandarizada (mm)	Distribución de probabilidades	Combinación de las incertidumbres (mm)
Repetibilidad de las mediciones	0,029	Normal	8,42E-04
Resolución del Proyector de Perfil	0,001	Rectangular	3,33E-07
Error de histéresis del Proyector de Perfil	0,004	Rectangular	1,60E-05
Incertidumbre asociada a la calibración del Proyector de perfil	0,004	Normal	1,60E-05
Error por la precisión del aumento	0,009	Rectangular	7,50E-05
Variación de temperatura de la pieza	0,002	Rectangular	4,04E-06
Incertidumbre combinada $\mu_C$			0,031
Incertidumbre expandida U con una probabilidad de aproximadamente 95% con un factor de cobertura k=2			0,062

El objetivo de estimar las incertidumbres de las mediciones es confirmar la capacidad de medición que se posee. Según (Metas 2002) en la metrología industrial es necesario asegurar que las actividades de medición, se realizan de forma tal que la capacidad de medición sea consistente con los requerimientos de medición. Por lo tanto, es necesario definir los requerimientos de medición, determinar la capacidad de medición y realizar la evaluación de la consistencia metrológica o idoneidad tal como lo señala (Lazos 2003). La capacidad de medición se puede evaluar con la incertidumbre de medida y se puede expresar según la ecuación (2-19); los requerimientos de medición están relacionados con la estabilidad de los procesos donde se involucra la medición, como control de calidad o monitoreo de los procesos de producción, la ecuación (2-20) expresa la relación mencionada. Y finalmente la evaluación de la consistencia se establece a través del índice de consistencia metrológica según la ecuación (2-21)

$$C.M.I = U_{actual} \quad (2-19)$$

Donde

$C.M.I$ : Capacidad de medición instalada

$U_{actual}$ : Incertidumbre expandida de medición

$$R.M = U_{req} = \frac{1}{3} \pm \frac{L_C}{f_r} \quad (2-20)$$

Donde :

$R.M$ : Requerimiento de medición

- $U_{req}$ : Incertidumbre requerida en el proceso de medición
- $L_C$ : Límites de control estadístico de proceso que involucra la medición, o las especificaciones técnicas relacionadas al proceso de medición, tal como especificaciones geométricas de producto (*GPS*) por sus siglas en inglés “*Geometrical product specification*” (ISO 1998)
- $fr$ : Factor de riesgo. Este factor es un valor que permite la ponderación del grado de exactitud o grado de importancia del control metrológico asociado al proceso de medición evaluado. Tabla xx muestra los valores del factor de riesgo

**Tabla 2-18 Factor de Riesgo**

Riesgo	fr
Pone en peligro la vida	10
Pone en peligro la salud	8
Viola disposiciones legales	
Causa perdida de clientes	6
Causa perdidas mayores	
Causa reclamos serios de clientes	
Causa perdidas moderadas	4
Causa reclamos serios de clientes	
Causa perdidas leves	2

$$I.C = \frac{U_{Actual}}{U_{Req}} \tag{2-21}$$

Donde:

$I.C$ : Índice de consistencia: este valor si es mucho mayor que 1 significa que no se tiene capacidad de medición, por lo que los resultados son poco confiables, y si es mucho menor que 1, implica altos costos de operación.

Debido a que la pieza medida es una pieza de freno de un carro, se considera que el factor de riesgo es 10 y la tolerancia de fabricación mas estricta de dicha pieza según plano es de 0,015 mm, el  $I.C = 0,04$  para mediciones sin el Micropack y se reduce en un 50% midiendo con el este se obtiene un valor de  $I.C = 0,02$

Para establecer la caracterización Metrológica del Proyector de Perfil, se consideraron las especificaciones técnicas del fabricante (Mitutoyo) identificando en ellas algunas de sus propiedades metrológicas. Se realizaron las operaciones metrológicas pertinentes, para cuantificar otras propiedades caracterizan el instrumento, que permiten valorar sus prestaciones basado en el análisis comparativo de los errores obtenidos y los máximos permitidos, validar los datos de medición definiendo el intervalo de confianza de los resultados

### **Capítulo 3. METODOLOGÍA PARA LA EXPLOTACIÓN Y APLICACIÓN DE LAS PRESTACIONES DEL PROYECTOR DE PERFILES**

La metodología utilizada en este trabajo se basa en la formulada por Cohen, la cual ha sido utilizada en trabajos recientes en diferentes partes del mundo (Reza, Ghadim et al. 2011), (Bozeman 2010), (Hudnut, Bauer et al. 2006). En la Figura. 1-9 se muestran las etapas que componen esta metodología; en las cinco primeras se realizan acciones encaminadas a entender, asimilar, aplicar y desarrollar la tecnología y en la última se realizan actividades de difusión que permitan el acceso de los conocimientos generados a quien esté interesado. Se propone una metodología para evaluar las posibilidades existentes del proyector de perfil en la extensión de sus aplicaciones sobre la base del acceso a la información de la señal que brinda el mismo.

#### **3.1. PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA PARA LA TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGÍA DEL PROYECTOR DE PERFIL PJ-H3000.**

La transferencia de tecnología y las condiciones en las que ocurre, son aspectos importantes, ya que muestran cambios radicales. Anteriormente, se podía comprar tecnología, marcas y asistencia tecnológica extranjera, proveedores dispuestos a venderla, y por ende, la asistencia técnica era vista por los proveedores como un servicio lucrativo.

La metodología descrita por (Camargo 2012) ciertamente se aplica a la plataforma tecnológica de la informática basada en un *Software* libre y un *hardware* específico, sin embargo, se pueden realizar adaptaciones para aplicarlo a la plataforma tecnológica de la Metrología. Etapas de la metodología propuesta.

Para desarrollar la metodología se definieron siete etapas, basadas en los siete pasos de (Camargo 2012) definidos en el epígrafe 1.8.6, diagnóstico, adquisición, adopción, absorción, aplicación, difusión y desarrollo.

**Diagnóstico:**

Identificación del estado de la plataforma tecnológica existente para identificar facilidades y necesidades; identificación de niveles de complejidad de la tecnología; selección de una alternativa que pueda implementarse y ofrezca resultados a mediano y corto plazo con no muy altas inversiones de capital

**Adquisición**

Esta etapa considera la adquisición de la plataforma tecnológica de la metrología adecuadas para el desarrollo de las mediciones lineales. Para ello es necesario conocer los aspectos relativos a los sistemas de Gestión de medición, las normas referentes, los fundamentos teóricos y conceptuales de la metrología, los procesos que involucran la confirmación metrológica y el impacto técnico, económico y social de la metrología.

**Adopción**

En el proceso de adopción se consideran Normas Internacionales de organismos de la metrología como la Organización Internacional de la Metrología Legal, adoptando los documentos de Aprobación de modelos, seleccionando los apartados de la norma que concuerdan con el objetivo de la propuesta. Hacer un análisis de los aspectos metrológicos y electrónicos del equipo. La Tabla 3-1 Aspectos a considerar para la adopción resume las consideraciones necesarias y las normas relacionadas al proceso de esta fase.

**Tabla 3-1 Aspectos a considerar para la adopción**

<b>Adopción</b>	<b>Apartado</b>	<b>Referencia</b>
Identificar datos generales según	4.1; 4.2; 4.3	NVC 2651: 1989
Realizar los ensayos indicados en	4.4.1 y 4.4.2	NVC 2651:1989
Establecer el plan de evaluación siguiendo	4.2 y 4.3	NVC 3695: 2001
Elaborar un informe considerando los aspectos mencionados en	5.2.4	OIML D19. 2001
Desarrollar el calibración o verificación siguiendo los pasos descritos en los apartados	Del 5.1 al 5.5	OIML D11:2004

Adopción	Apartado	Referencia
Definir las condiciones de funcionamiento para realizar la calibración o verificación	Del 8.1 al 8.5	OIML D11:2004

### **Absorción**

El proceso de absorción describe la capacidad de utilizar la tecnología y permiten identificar la efectividad de la transferencia. Es importante generar dos tipos de habilidades para soportar la tecnología: Técnicas: sistemas de medición, tecnologías de la comunicación, aplicaciones del equipo; Humanas: Habilidades y conocimientos necesarios para desarrollar, mantener, y manipular; el equipo. Es crucial desarrollar los procedimientos de las distintas operaciones: ajuste, calibración, verificación y medición. Establecer los períodos de calibración y verificación, que permitirán desarrollar dichas habilidades.

### **Aplicación**

En esta etapa es necesario cuantificar las propiedades metrológicas para establecer la valoración de la confiabilidad de los resultados emitidos al realizar un ensayo de medición. Para ello se requiere evaluar la incertidumbre de calibración del equipo, para establecer el valor de la incertidumbre instrumental. Finalmente esta evaluación permite validar los procedimientos desarrollados declarando el intervalo de confianza de los resultados.

### **Difusión**

En esta etapa se busca involucrar a la mayor cantidad de centros educativos de formación técnica y profesional; empresas de base tecnológica e institutos gubernamentales en actividades que ayuden a concienciar a la comunidad académica de la importancia del uso de esta tecnología como parte de sus procesos académicos. Se proponen realizar Talleres de formación para unificar criterios en en área de las mediciones.

## **Desarrollo**

La tarea más importante en la fase de desarrollo, es la creación de una comunidad que utilice los conocimientos generados en todo el proceso, por ejemplo, laboratorio de ensayo y calibración, que proporcione nuevo conocimiento que haga parte de este bien público y depure las herramientas y el contenido del mismo; por esto, es importante vincular a personas con diferentes intereses y niveles de formación; para ello, es necesario, promover ensayos de actitud para comparar para determinar el desempeño individual de los laboratorios para realizar ensayos específicos o mediciones.

### **3.1.1. Componentes de la Tecnología**

La interacción entre los cuatro componentes descritos en el epígrafe 1.8.3 se pueden describir de la siguiente manera:

- *Tecno-ware* constituye el núcleo de la tecnología, es decir, una habilidad de transformación, y es desarrollada, instalada y operada por humanware:
  - Realización de la calibración y verificación del Proyector de Perfil.
  - Aplicación de las diferentes operaciones de medición, asistidas con el procesador de datos Micropack 9.
  - Validación de resultados de medición por el método de estimación de incertidumbre.
- *Human-ware* o las habilidades individuales representan el elemento clave de cualquier operación de transformación guiada por el infoware.
  - Formación de profesionales en área de metrología para aplicar los procedimientos y planes desarrollados
- *Info-ware* conocimiento acumulado para optimizar el aprendizaje individual. Éste es generado y utilizado por humanware para los procesos de toma de decisiones y operaciones.

- Adaptación de las Normas Internacionales de la OIML para identificar y caracterizar electrónica metrológicamente al Proyector de Perfil.
  - Desarrollar Talleres de formación en:
    - Metrología Básica
    - Metrología Dimensional
    - Estimación de Incertidumbre
  - Desarrollar e implementar los Procedimientos de calibración, verificación y ajuste y las Instrucciones de los diferentes procesos de medición.
  - Desarrollar e implementar planes de confirmación metrológica (Calibración, verificación, mantenimiento y definición de los criterios para establecer los periodos).
- *Orga-ware*, o el marco del sistema de gestión, adquiere y administra el *tecnaware*, *humanware* e *infoware* con el fin de realizar la operación. Éste se compone de las actividades de planeación, organización, activación, motivación y control de operaciones
- Promover ensayos de actitud con instituciones u organizaciones privadas o públicas que posean un Proyector de Perfil, para comparar y determinar el desempeño individual de las organizaciones participantes para realizar ensayos específicos o mediciones.
  - Propiciar el acercamiento entre los distintos usuarios del equipo, con fines académicos o industriales

### 3.1.2. Tipo de transferencia tecnológica

La transferencia tecnológica descrita en epígrafe 1.8.5 considera tres tipos: material, de diseño y de conocimientos:

Por lo tanto la transferencia que se identifica en esta metodología es la materia y la de capacidades. Respecto a la transferencia materia se considera el Proyector de Perfil y sus

accesorios, los cuales permiten extender las prestaciones del mismo. La transferencia de capacidades: que permite innovar y adaptar tecnologías existentes para producir nuevos servicios de metrología.

### **3.1.3. Valoración de la Metodología Propuesta**

La metodología propuesta brinda una opción sistemática para mejorar el aprovechamiento de los instrumentos de medición con tecnología desconocida, donde se pretenda extender las prestaciones metrológicas del mismo, puede ser aplicada a cualquier instrumento de medición, debido a que se plantea de forma general. La mayoría de los recursos formulados o planteados para realizar o aplicar las actividades de cada etapa se encuentran disponibles de forma gratuita en la Web, como lo es el caso de las Normas COVENIN y la OIML, tal como lo indica la Tabla 3-2. Metodología propuesta para la Transferencia Tecnológica

La Tabla 3-2. Metodología propuesta para la Transferencia Tecnológica resume la propuesta desarrollada, indicando las etapas, los componentes involucrados, las actividades que se requieren desarrollar y los recursos necesarios para lograr la transferencia tecnológica.

Tabla 3-2. Metodología propuesta para la Transferencia Tecnológica del Proyector de Perfil

Paso	Etapá	Componente	Tipo de transferencia	Actividades	Recursos/organismos
1	Diagnóstico (ver pág. 39)	<i>Organizacional</i>	No aplica	<p>Contactar al Fabricante/Distribuidor del equipo para realizar alianzas que faciliten la investigación.</p> <p>Propiciar el acercamiento entre los distintos usuarios del equipo, con fines académicos o industriales.</p> <p>Identificar los sectores Industriales y académicos que poseen el equipo</p> <p>Identificar las necesidades de la industria y la academia respecto a las operaciones con el equipo (medición, calibración, verificación, inspección).</p>	<p>EMESA, Distribuidor Autorizado en Venezuela de la Mitutoyo. Y Laboratorio Acreditado por SENCAMER. <a href="http://www.mitutoyo.com">www.mitutoyo.com</a></p> <p>SENCAMER Dirección De Metrología <a href="http://www.sencame.gob.ve">www.sencame.gob.ve</a></p> <p>UPTA “Federico Brito Figueroa”</p> <p>Empresas que poseen el equipo: Torcar, C.A, Tratamaq; C.A:</p>
2	Adquisición (ver pág. 39)	<i>Tecnológico Capacidad; Información</i>	transferencia de material	Identificar las características metrológicas del equipo y los elementos electrónicos.	<p>Vocabulario Internacional de Metrología (BIPM 2008)</p> <p>Manual del Proyector de Perfil (Unceta 2002)</p>
3	Adopción (ver pág. 39)	<i>Información</i>	transferencia de material	<p>En el proceso de adopción se consideran Normas Internacionales desarrolladas, en esta etapa se trabajó con las documentos de la OIML</p> <p>Analizar los aspectos metrológicos y electrónicos del equipo.</p> <p>Identificar los puntos de la norma que se aplican a la revisión electrónica y metrológica de los instrumentos para establecer el procedimiento de evaluación de equipos</p>	<p>D-11 General Requirement for Electronic Measuring Instrument</p> <p>D-19 Pattern evaluation and Pattern Approval</p>

Paso	Etapas	Componente	Tipo de transferencia	Actividades	Recursos/organismos
4	Absorción (ver pág. 40)	<i>Información</i>	transferencia de material	Desarrollar los procedimientos de las distintas operaciones: ajuste, calibración, verificación y medición.  Establecer los períodos de calibración y verificación.	Procedimiento DI-001 para la calibración de Proyectores de Perfil (MINER-CEM)  D-10 Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments (OIML/ILAC 2007)
5	Aplicación (ver pág. 40)	<i>Información</i>	transferencia de material	Evaluar la incertidumbre de calibración del equipo, para establecer el valor de la incertidumbre instrumental.  Validación de los procedimientos desarrollados	Guía para la estimación de la Incertidumbre (ISO 1995)  Guía para la Estimación de Incertidumbre (Schmid and Martínez 2004)  JCGM 100: 2008 Expresión de la incertidumbre de medida (CEM 2008)
6	Difusión (ver pág. 40)	<i>Capacidad; Información</i>	transferencia de material	Realizar Talleres de formación para unificar criterios de operación en el equipo.	Taller de Metrología Básica (Lara 2006)  Taller de Incertidumbre de las mediciones (Lara 2011)  Taller de metrología Dimensional. (Lara 2006)  Diseño instruccional. (McTighe and Wiggins 2005)
7	Desarrollo (ver pág. 40)	<i>Capacidad; Información</i>	transferencia de material	Promover ensayos de actitud para comparar para determinar el desempeño individual de los laboratorios para realizar ensayos específicos o mediciones.	Guía ISO/IEC 43-1 Ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorio – Parte 1: Desarrollo y operación de los programas de ensayo de aptitud. (ISO 1999)

Este capítulo propone la metodología que describe los pasos a seguir para implementar la transferencia tecnológica del Proyector de perfil PJ-H3000F, definiendo las actividades y recursos necesarios para extender las prestaciones del mismo sobre la base de las disponibilidades que este posee.

**CONCLUSIÓN**

En este trabajo se propuso una metodología para la transferencia tecnológica y de conocimientos en el área de metrología dimensional, la cual se centró en la caracterización del Proyector de Perfil, para así dar cumplimiento con parte del objetivo específico número uno.

Se presenta información especializada que ayude en el proceso de transferencia de conocimientos.

Se realizó la calibración del Proyector de Perfil y se obtuvo un valor incertidumbre instrumental de  $8,8 \mu\text{m}$  para las mediciones el eje X y de  $15 \mu\text{m}$  para las mediciones en el eje Y. La fuente de error asociada al instrumento que aporta más incertidumbre a los resultados de medición es el valor de histéresis, contribuyendo en un  $\mu\text{m}$  por lo que se considera importante realizar todas las mediciones en un mismo sentido de aproximación.

La incertidumbre expandida estimada para el método de medición manual es  $0,148 \text{ mm}$ , un 60% mayor que la incertidumbre expandida del método de medición asistido por el Micropack-9 de  $0,06 \text{ mm}$ .

Comparando el método de medición asistida con la manual se observó que los tiempos de ejecución del ensayo del primer método mencionado con respecto al segundo eran considerablemente menor, por ejemplo para realizar la medición de distancia entre centros de círculos de forma manual, se requiere primero alinear, medir en los dos ejes aproximadamente los diámetros, medir la distancia entre los extremos opuestos de las dos circunferencias y finalmente calcular la distancia entre centros. Para realizar la misma medición asistido por el Micropack, no se requiere alinear, se establece el sistema de referencia con base en la pieza, se introducen los datos de tres puntos en el contorno de cada una de las circunferencias y se establece el modo de medición de distancia entre centros, e inmediatamente se obtiene el valor

de la medición con una incertidumbre expandida de 0,06 mm contra la incertidumbre del método manual la cual es con un 60% superior al valor anterior, de 0,148 mm.

Este trabajo suministra: una serie de conocimientos que pueden usarse como punto de partida para el desarrollo de aplicaciones comerciales o como material para la capacitación de personal; un canal de comunicación entre los analistas de laboratorio y la industria metalmeccánica, planteando la posibilidad de extender la aplicación de los instrumentos de medición con alta tecnología, y en el caso específico del Proyector de perfil, permitió mejorar el aprovechamiento de sus prestaciones realizando mediciones de manera expedita sin perder de vista la confiabilidad de los resultados

La planificación de actividades de la metodología propuesta se desarrolló en distintos porcentajes de avance, se requiere establecer un plan para implementar la metodología y así evidenciar la transferencia tecnológica. Dando cumplimiento al Objetivo General y al Objetivo Específico tres.

### RECOMENDACIONES

De la metodología propuesta faltan actividades por desarrollar, las cuales se indicaran a continuación:

1. Respectos a la fase de Diagnostico, se requiere completar la lista de organismos y empresas nacionales que poseen estos equipos para establecer relaciones que promuevan el desarrollo de la metrología
2. En la fase 2 de la metodología Adquisición, es necesario realizar las posteriores verificaciones y definir la deriva del instrumento
3. Es necesario definir los grupos de trabajo que formarán parte de la formación profesional en el área de metrología
4. Se requiere planificar los ensayos de aptitud que se plantean en la etapa de difusión.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarado, M. e. C. E. R. (2004). Presentación de las guías técnicas en trazabilidad e Incertidumbre. Simposio de Metrología 2004. S. d. C. p. A. y. C. ACCE. México, Centro Nacional de Metrologia México: 6.
- Barcelona, P. C. d. (2012). "¿Qué es una plataforma tecnológica?" Retrieved 14 de junio, 2012, from [www.pcb.ub.es](http://www.pcb.ub.es).
- Becerra, L. O. (2004). Número de Mediciones necesarias. Simposio de Metrología 2004. D. d. M. d. M. y. D. Centro Nacional de Metrología. México, Cenam: 5.
- BIPM (2008). VIM 3: Vocabulario Internacional de Metrología. España, Centro Español de Metrología. JCGM 200:2008.
- Bozeman, B. (2010). "Technology transfer and public policy: a review of research and theory." Elsevier Science: 29.
- Camargo, C. (2012). Metodología Para la Transferencia Tecnológica en la Industria Electrónica Basada en Software Libre y Hardware Copyleft. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Campo, M. D. D. and J. Á. Robles (2012). "La metrología, motor de innovación tecnológica y desarrollo industrial." e-medida N° 1: 100.
- CEM (2003). Manual MU-DI-005 de Proyectores de perfiles. Manual de Uso de Instrumentos de Medida. C. E. d. Metrología. Madrid, Ministerio de Industria y Energía. Subdirección General de Seguridad y Calidad Industrial: 24.
- CEM (2003). Procedimiento DI-001 para la Calibración de Proyectores de Perfil. Madrid.
- CEM (2008). Evaluación de datos de medición Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. JCGM 100: 2008.
- Cohen, G. (2004). "Technology transfer: strategic management in developing countries." Sage Publications inc.
- COVENIN (1989). 2520:89 Guía de Evaluación de la Gestión Tecnológica en Organizaciones Industriales. Caracas, Fondo Norma. 2520:89.
- COVENIN (1989). 2619 Instrumentos de medida. Regla de metal, Fondo Norma.
- COVENIN (1999). Instrumentos de medición. Bloques Patrón. Fondo Norma, SENCAMER.

- Cruz, A., E. Portilla, et al. (2008). "Multiplicador Electrónico para Encoder Incremental." *Computación y Sistemas (CyS)* 12.
- Choate, A. G. R., NY) (1999). Multiple magnification contour projector. United States, Optical Gaging Products, Inc. (Rochester, NY).
- Deluca, P. H. R. R., TX), and D. F. A. Vanderwerf, TX) (2003). Projector having an inverted head optical arrangement. United States, 3M Innovative Properties Company (St. Paul, MN).
- Dellen, L. V. H. (1947). Optical projection comparator. United States, Dellen, Lubbert Van H.
- Diharce, E. V. (2004). La Incertidumbre de Medición en el Control Estadístico de Procesos. Simposio de Metrología 2004. A. C. Centro de Investigación en Matemáticas. México, Cenam: 7.
- Edward Bausch and K. H. F. (1933). Projection apparatus. United States, BAUSCH & LOMB.
- Fernand, T. (1945). Optical control apparatus. United States, Fernand, Turrettini.
- Granado, C. (2000). Introducción a la Historia de la Metrología. Apuntes Cursos de Doctorado. Madrid, Univ. Politécnica de Madrid.
- Groh, R. A. (1999). The Evolution of Optical Comparators. *Tools & Technology*.
- Groh, R. A. (1999). "The Optical Comparator and the Fight Against Scrap." *Tools & Technology*.
- Hancock, R. G., C. Heath, et al. (1947). Optical projection apparatus. United States, REID AND SIGRIST LTD.
- Henry, R. (1944). Optical comparator. United States, AMERICAN MEASURING INSTR CORP.
- Hoffmann, P. H. (2003). Disertaciones de las mediciones en Metrología Dimensional con experto del PTB de Alemania. Caracas.
- Horimoto, K. S., JP),, A. S. Sakamoto, JP),, et al. (2009). Optical sensor. United States, Fujikura Ltd. (Tokyo, JP).
- Hudnut, P., T. Bauer, et al. (2006). "Appropriate Organizational Design: A hybrid business model for technology transfer to the developing world." *The NCIIA*: 10.
- INDECOPI (2011) "SERVICIO NACIONAL DE METROLOGÍA - PRESENTACIÓN."
- ISO (1995). Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.
- ISO (1998). 3650 Geometrical Product Specification GPS.

- ISO (1999). Guía ISO/IEC 43-1 Ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorio – Parte 1: Desarrollo y operación de los programas de ensayo de aptitud.
- ISO (2003). 10012 - Measurement management systems —Requirements for measurement processes and measuring equipment.
- ISO (2005). 9000 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario. 9000.
- ISO (2005). 17025 - Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- ISO (2008). 3650 Especificación geométrica de productos (GPS). Patrones de longitud. Bloques patrón.
- Jolly, J. (1977). "The Technology Transfer Process: Concepts, Framework and Methodology." The Journal of Technology Transfer.
- Kalustian, H. (2001). Seminario de Metrología dimensional. Valencia, Edo. Carabobo.
- Karl, L. W. (1949). Projecting and magnifying contour comparators. United States, Karl, Lucty William.
- Keyence (2010). Schnell und genau prüfen. Quality Engineering. Alemania, Konradin. 3: 65.
- Kudar, H. (1940). Projection system. United States, TELEFUNKEN GMBH.
- Kühne, M., M. Krystek, et al. (2004). Traceability of Measurement results in Industrial Metrology. Simposio de Metrología. P.-T. Bundesanstalt. México, CENAM: 6.
- Kurtz, H. F. (1940). Projection apparatus. United States, BAUSCH & LOMB.
- Lara, I. (2006). Fundamentos de la Metrología. Cursos de metrología. Caracas, IUT RC Dr. Federico Ribero Palacio.
- Lara, I. (2006). Metrología Dimensional. Cursos de metrología. Caracas, IUT RC Dr. Federico Ribero Palacio.
- Lara, I. (2011). Incertidumbre de las mediciones. Según Guide to the expression of Uncertainty in Measurement GUM Cursos de Metrología. Caracas, IUT RC Dr. Federico Ribero Palacio.
- Lazos, R. (2003). Curso de Calidad de las mediciones, CENAM.
- Levine, A. L., Yee, Peter P. M. (1969). Electrostatic Reader Head. United States, BENDIX CORP.

- Link, W. (2003). Dicusiones con experto en Metrología Dimensional de la Mitutoyo. Sao Paulo.
- López, J. (2011). Fundamentos Básicos de Metrología Dimensional. Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Mansfield, E. (1975). "International technological transfer: Forms, Resource Requirements, and Policies." American Economic Review, Paper and Proceedings.
- Marban, R. and J. Pellezer (2002). Metrología para no metrologos, SIM Sistema Interamericano de Metrología.
- Masino, J. A., Sturdevant, Eugene J. (1970). Apparatus for Measuring Dimensions of an opaque object. United States, Pont DU.
- McTighe, J. and G. Wiggins (2005). Understanding by desing. E. ASCD.
- Meltzer, R. J. (1966). Contour projector with means for adjusting the viewing angle. United States, BAUSCH & LOMB.
- Metas (2002). "Evaluación para la consistencia metrológica." Guías Metas 10.
- MetAs (2006). Metrología en la vida cotidiana. Guia Metas. Mexico, MetAs & Metrologos Asociados. 08.
- MINER-CEM, G. d. t. Procedimiento DI-001 para la Calibración de Proyector de Perfil. Procedimiento de Calibración. Madrid, Subdirección General de Seguridad y Calidad Industrial.
- Mitutoyo (2012). Catalogo de Instrumentos de Medición. Mitutoyo.
- Mitutoyo (2012). "La evolución del comparador óptico." Documentación Técnica: Newsletter 6.
- Naranjo, A. B. (2008). Thesaurus de la Investigación Académica Universitaria. Caracas.
- Nawrocki, W. (2005). Computer-Based Measurement Systems. Measurement Systems and Sensors. I. ARTECH HOUSE. London.
- Nicolas, M. L. (1941). Diascopic projection apparatus. United States, Anciens, Ets Barbier.
- Nils, H. (1966). Apparatus for checking cams. United States, Nils, Hoglund.
- Odedra, M. (1994). The Myths and Illusions of Technology Transfer. IFIP World Congress Proceedings.
- OIML (1981). D-19. Pattern Evaluation and Pattern Approval.
- OIML (1989). R-35 Material measures of length for general use.

- OIML (2008). G-100. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. I. BIPM, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC, OIML, OIML. G-100.
- OIML/ILAC (2007). D-10 Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments. Documentos, OIML. D-10.
- Polidor, E. T. W., NY, US), and B. F. Gelman, NY, US) (2011). Optical Comparator with digital gage. United States, QUALITY VISION INTERNATIONAL, INC. (Rochester, NY, US).
- Pool, K. v. d. (1995) " High Resolution Optical encoders." Technical Articles, Computer Optical Products.
- Portuondo, Y. and J. Portuondo (2008). "Determinación de la Incertidumbre de Medición por el Método de Monte Carlo en los Procesos de Manufactura " TECNOLOGÍA QUÍMICA XXVIII: 56.
- Ramón Zeleny and C. González (2000). Campo de visión de la pantalla del Proyector de Perfiles.
- RBdV (2007). Ley de Metrología. Gaceta Nr. 38.819. Caracas, Asamblea General de la República Bolivariana de Venezuela.
- RBdV (2009). Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Caracas, Asamblea General de la República Bolivariana de Venezuela.
- Reza, M., K. Ghadim, et al. (2011). "Recognition and selection of optimal method for transferring technology in Tehran gas organization." Indian Journal of Science and Technology Vol. 4 No. 9: 8.
- Sanders, L. (2005) "Medición." Hipergeo.
- Scheurmann, H. P. (2005). Discusiones con experto del PTB de Alemania para los países de la Comunidad Andina respecto a la Metrología Dimensional. Bogota.
- Schmid, W. A. (2002). La incertidumbre expandida y los grados de libertad: un análisis comparativo entre el método recomendado por la GUM y métodos simplificados. Simposio de Metrología 2002. D. d. Ó. y. R. Centro Nacional de Metrología. México, Centro Nacional de Metrología, División de Óptica y Radiometría: 5.
- Schmid, W. A. (2004). Distribución de la Media y el Teorema del Límite Central. Simposio de Metrología 2004. C. N. d. Metrología. México, Cenam: 6.

- Schmid, W. A. (2004). Interacción de la resolución y la repetibilidad en la incertidumbre combinada. Simposio de Metrología 2004. México, Centro Nacional de Metrología: 9.
- Schmid, W. A. and R. J. L. Martínez (2004) "Guía para Estimar la Incertidumbre de la Medición." CENAM
- SENCAMER. (2012). "¿Qué es la Metrología?", from [www.sencamer.gob.ve](http://www.sencamer.gob.ve).
- Sinencio, I. C. (2002). Incertidumbre en las mediciones: impactos económicos y sociales. Simposio de Metrología 2002. C. n. d. Metrología. México, Cenam: 6.
- Soriano, B. and V. A. y. N. Gutiérrez (2004). Determinación de Intervalos de Calibración. Simposio de Metrología 2004. M. M. Asociados. México, Cenam: 6.
- Unceta (2002). Proyectores de Perfiles PJ-H300F. M. Corporation. Gipuzkoa: 108.
- Unceta (2002). Unidad de Procesamiento 2D. Micropack 9. M. Corporation. Gipuzkoa, Unceta: 151.
- Vera, P. and J. Salas (2008). "Uncertainty Calculation on the Visual Measurements of the Parameters of a Foucault Pendulum." Computación y Sistemas (CyS) 11.
- Víctor Aranda, Norma Velasco, et al. (2006). "Método de Calibración por Transferencia, Validación e Incertidumbre." Guía metas 06-12.
- Zeleny, J. R. (2004). Documentos de referencia para la determinación de incertidumbre en metrología dimensional. Simposio de Metrología. Mexico, CENAM.
- Zeleny, R. and C. González, Eds. (2000). Metrología Dimensional. México, Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A. .

