



AYUDAS DEL PROGRAMA DE ESTANCIAS 2016

INFORME DEL TRABAJO REALIZADO

Versión digital de la versión final de los contenidos del proyecto de referencia IDI/2016/000349, financiado por las Ayudas del programa de Estancias 2016, según Resolución de 24 de junio de 2016, de la Consejería de Empleo, Industria y Turismo, por la que se aprueban las bases reguladoras de las convocatorias públicas de ayudas a centros de investigación para estancias de personal investigador en empresas del Principado de Asturias.

NOTA: en este informe se han omitido expresamente detalles -imágenes de prototipos y metodología de calibración- que son claramente susceptibles de PROTECCION (via patente y/o por el debido secreto industrial) por parte de la empresa donde se realizó la estancia.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA AYUDA						
Referencia	EST 16-007					
Centro de Investigación beneficiario	Universidad de Oviedo					
Representante Legal del centro de Investigación	Santiago Garcia Granda					
Investigador Responsable	Eduardo Cuesta Gonzalez					
Empresa en la que realizó la estancia	Ingenieria y Servicios de Metrologia Tridimensional S.L.					
Representante Legal de la Empresa	Jose Antonio Gonzalez Baizan					
Periodo de la estancia	Desde :	17/10/16	Hasta:	16/12/16	Nº horas	145

En Gijon , a 16 de enero de 2017



1. ACTIVIDADES REALIZADAS Y GRADO DE CUMPLIMIENTO

Cumplimiento de las actividades previstas en el periodo: TOTAL PARCIAL (Marque lo que proceda)

Describa las actividades realizadas y su grado de consecución. En caso de existir divergencias con respecto a las previstas en la solicitud deberá explicar cuáles son, por qué motivos se han producido y las razones que justifican las decisiones tomadas.

Las actividades previstas en la actuación pretendían dar un servicio de asesoramiento científico-tecnológico a una empresa asturiana, ubicada en el Parque Tecnológico de Gijón: “Ingeniería y Servicios de Metrología Tridimensional S.L”. (en adelante ISM3D). Se trata de una empresa pequeña (3 empleados), pero que actualmente es laboratorio acreditado por ENAC en el área dimensional, ofreciendo una gama de mediciones y calibraciones –lo que viene a ser una parte de su alcance del laboratorio- especialmente útil en el sector automovilístico, industria metalmecánica, aeronáutico, etc. ISM3D ofrece incertidumbres de calibración dimensional muy bajas, lo que le da la posibilidad de ofrecer a sus clientes un alto valor añadido en el control dimensional trazable de piezas, utillajes y patrones.

Desgraciadamente en la actualidad la carga de trabajo no les permite iniciar labores de investigación destinadas a encargarse de nuevas líneas del mercado, incluyendo dentro de ellas a los nuevos procedimientos de calibración o al diseño de detalle de los nuevos accesorios (asociados a los patrones) que sean necesarios.

Precisamente el asesoramiento que se financió con cargo a la ayuda solicitada consistió en promover nuevas líneas de investigación dentro del campo de la Calibración Dimensional, en concreto esta actividad estuvo enfocada a dos acciones:

- Por un lado, al desarrollo de nuevos y potenciales procedimientos de calibración para patrones dimensionales de última generación, tanto de tipo por contacto como óptico (sin contacto).
- Por otro lado, la apertura y el desarrollo de una nueva línea de investigación para la calibración de engranajes de precisión.

En líneas generales puede decirse que se han cumplido todos los objetivos previstos de forma muy satisfactoria. Sobre **teniendo en cuenta el recorte sufrido en la asignación del proyecto**. Este recorte afectó principalmente a las fases 1 y 4 de la solicitud (ver tabla 1 adjunta) relativa a los estudios previos y a la difusión de resultados (que en ambos casos no se consideraron necesarios). De hecho, el proyecto, que originariamente estaba previsto para unas 200 h, queda finalmente solo en 145 h, que son las que se corresponden con la ejecución directamente de las etapas 2 y 3.

Tabla 1. Cronograma de la solicitud (las actividades 1 y 4 fueron excluidas de la ayuda)

Actividad (Fase)	Octubre		Noviembre			Diciembre			Horas aprox.
1- Estudios previos. Identificación de necesidades (EXCLUIDA)	X	X							25
2A- Desarrollo de proyectos para calibración. Nuevos Patrones por contacto			X	X					45
2B- Desarrollo de proyectos para calibración.				X	X	X			35

Nuevos Patrones sin contacto											
3- Desarrollo de proyectos para Calibración de engranajes					X	X	X	X			65
4- Difusión y publicación de Resultados (EXCLUIDA)								X	X	X	30

Así, dentro de la primera línea de investigación (fase 2A), lo primero que se hizo fue analizar y detallar la nueva tipología de los artefactos susceptibles de calibración por parte de la empresa. Una vez detallados los modelos más representativos de forma general, se pasó a especificar con más detalle el alcance (tamaño), materiales, peso, características a medir, condiciones de accesibilidad, número mínimo (y óptimo) de puntos de palpado, distribución de ptos., etc. En esta primera etapa se desarrollan, conjuntamente con la empresa algunos patrones específicos, destinados a diversas tecnologías por contacto. (fig. 1 y 2). Así mismo, y de forma relevante se presenta a la empresa el concepto de patrón de características geométricas (fig.1). Se trata de un prototipo de patrón polivalente, especialmente indicado para calibración de brazos de medir por coordenadas (CMAs), aunque válido también para máquinas tridimensionales fijas (CMMs). De forma muy resumida puede decirse que se trata de un patrón formado por un conjunto de características geométricas de alta precisión (esferas, planos, cilindros y conos, p.e.), que permiten materializar numerosas tolerancias dimensionales y geométricas, (GD&T). El fundamento del mismo está patentado por el profesor que hace esta propuesta y dentro de esta actividad se trasladó la forma de calibración a la empresa con objeto que de ésta pueda ofertar en su portfolio de actividades futuro, la calibración de este tipo de artefactos, o si un cliente posee un artefacto de este tipo, la calibración de su equipo metrológico con dicho patrón.

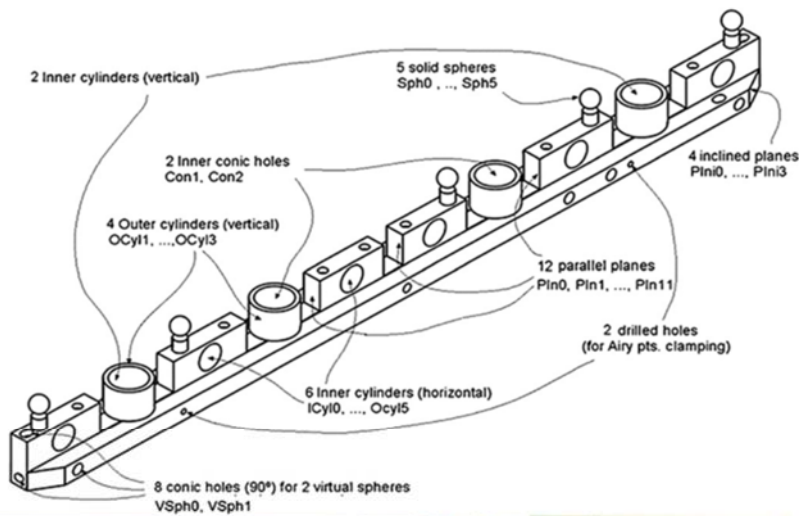


Fig. 1.- Concepto de Patrón de características geométricas. Arriba.- imagen del CAD explicativa de la patente. Abajo.- Prototipos materializados de Aluminio Anodizado y montaje de uno de ellos sobre utillaje para multiposición.

Junto con los propios patrones y de acuerdo a su especial geometría se establecieron aquellos procedimientos, de entre los que ya posee la empresa, que fuesen susceptibles de utilizarse para los mismos al menos parcialmente. Esta parte requirió no solo el estudio de los artefactos, sino también, y de forma relevante, de los utillajes que permitiesen su calibración de forma lo más rápida y fiable posible (fig.2 der). Teniendo que cuenta que tanto si la calibración del patrón se hace “in-situ”, en las instalaciones de la propia empresa (cuando se utilice un patrón de ISM3D para calibrar máquinas de medir por coordenadas, maquinas herramienta, etc. del cliente), como si se hace en el laboratorio de ISM3D, donde el objetivo ahora es calibrar el propio patrón que es propiedad del cliente final, es muy conveniente que un solo operador pueda realizar la calibración.



Fig. 2.- Izq.- Modelos de diversos patrones de nueva generación para evaluación de CMM por contacto. Der. Utillaje para multiposición.

En lo que respecta a esta fase 2A, y de cara a relacionar los patrones con el cálculo de incertidumbre asignado, se tuvieron en cuenta dos posibles escenarios:

- Calibraciones “in-situ”: Se calcula la Incertidumbre de la Máquina de medir o del equipo del cliente (evaluada con los nuevos patrones)
- Calibración interna, realizada dentro de ISM3D. Se trata de asignar Incertidumbre del nuevo patrón.

Por supuesto en primera opción se analizaron los procedimientos ya disponibles en la empresa (junto con su sistema de gestión de Calidad), para ver qué procedimientos o parte de los mismos podían ser aplicables a las nuevas geometrías de patrones, y en qué medida. Como resultado de este estudio se seleccionaron los procedimientos técnicos internos de ISM3D codificados como IT-02-01 (Calibración de barras de bolas, lineales), IT-03-01 (Calibración de pieza patrón con MC Virtual), IT-02-04 (calibración de patrones 3D de esferas), IT-02-02 (Calibración de patrones de caras planas) e IT-03-02 (calibración piezas patrón con multiposición). Con ello se hizo una revisión de procedimientos adaptándolos a los nuevos patrones y se documentaron las modificaciones pertinentes para calibrar p.e. patrones de características geométricas por contacto. (pues el IT-03-02 no es apto para calibrar tolerancias tipo ISO-1101).

Aunque la documentación generada es estrictamente confidencial para la empresa, se muestran a continuación a modo de evidencia de ejecución unas imágenes de los patrones considerados (fig. 2 Izq). Mencionando que, aunque se ha ayudado en la concepción de los mismos, los diseños finales de algunos de ellos son propiedad del personal de ISM3D (J.A. Glez Baizan), mientras que otros son propiedad de la Universidad (pues el concepto de modelo básico de patrón de características está patentado por la Universidad de Oviedo., Num. Publicación OEPM 2490940). También se ha ayudado en la concepción y desarrollo de algunos utillajes desarrollados específicamente dentro del alcance de esta ayuda, como el que se muestra en la fig. 2der., pues al fin y al cabo dichos utillajes se destinan a la nueva generación de patrones dimensionales mencionados.

Dentro de esta segunda fase se contemplaba, y de forma relevante, detallar el método de calibración que se seguirá en el procedimiento. A modo de ejemplo, en la tabla siguiente (tabla 2), se muestran las fórmulas de cálculo de incertidumbres, partiendo de un balance de contribuciones a la incertidumbre como aconseja la GUM (*Guide to the expression of Uncertainty in Measurement, ISO/IEC GUIA 98-3: 2012*), en este caso se muestra uno de los cálculos más genéricos; pues se corresponde con el concepto de patrón de características geométricas mencionado, que incluye evaluación con opción de usar un único conjunto o múltiples tipos de características geométricas.

Tabla 2. Balance de Incertidumbres para Calibración de un equipo que utilice patrón basado en Características.

Contribución	Tipo de Evaluación, distribución		Incertidumbre típica (estándar)
Repetibilidad de las medidas durante el procedimiento (n medidas para cada una de las j características)	u_{rep_j}	Tipo A, Normal	$\frac{S_j}{\sqrt{n}}$
Variación de la temperatura (para cada caract. j y cada reposición del patrón)	$u_{\Delta T_j}$	Tipo B, Rectangular	$\frac{\alpha L_j \Delta T}{\sqrt{12}}$
Resolución del equipo a calibrar (CMA o CMM)	u_E	Tipo B, Rectangular	$\frac{E}{\sqrt{12}}$
Calibración del Patrón de referencia (para cada caract. j)	u_{g_j}	Tipo B (establecida previamente en el certificado de calibración, para cada caract. j)	u_{g_j}
	Incertidumbre Expandida	$U_{CMA_j} = k \cdot \sqrt{u_{rep_j}^2 + u_{g_j}^2 + u_{\Delta T_j}^2 + u_E^2} \quad [1]$	

El Fundamento y desarrollo del procedimiento de calibración por características también se puso a disposición de la empresa. A modo de ejemplo se muestra en la fig. 3 un detalle de las características a evaluar en una calibración completa (evaluando el equipo en todas las características posibles), junto con la disposición espacial (8 multiposiciones) del patrón alrededor del equipo. En la parte inferior se puede observar un detalle de la gráfica generada en una hoja de Excel en la que se ha implementado la metodología seguida (conforme a la fórmula [1]), En ella se puede observar el valor de la corrección media para cada tipo de características, las incertidumbres y el parámetro RMS (desviación típica con respecto a la media del patrón).

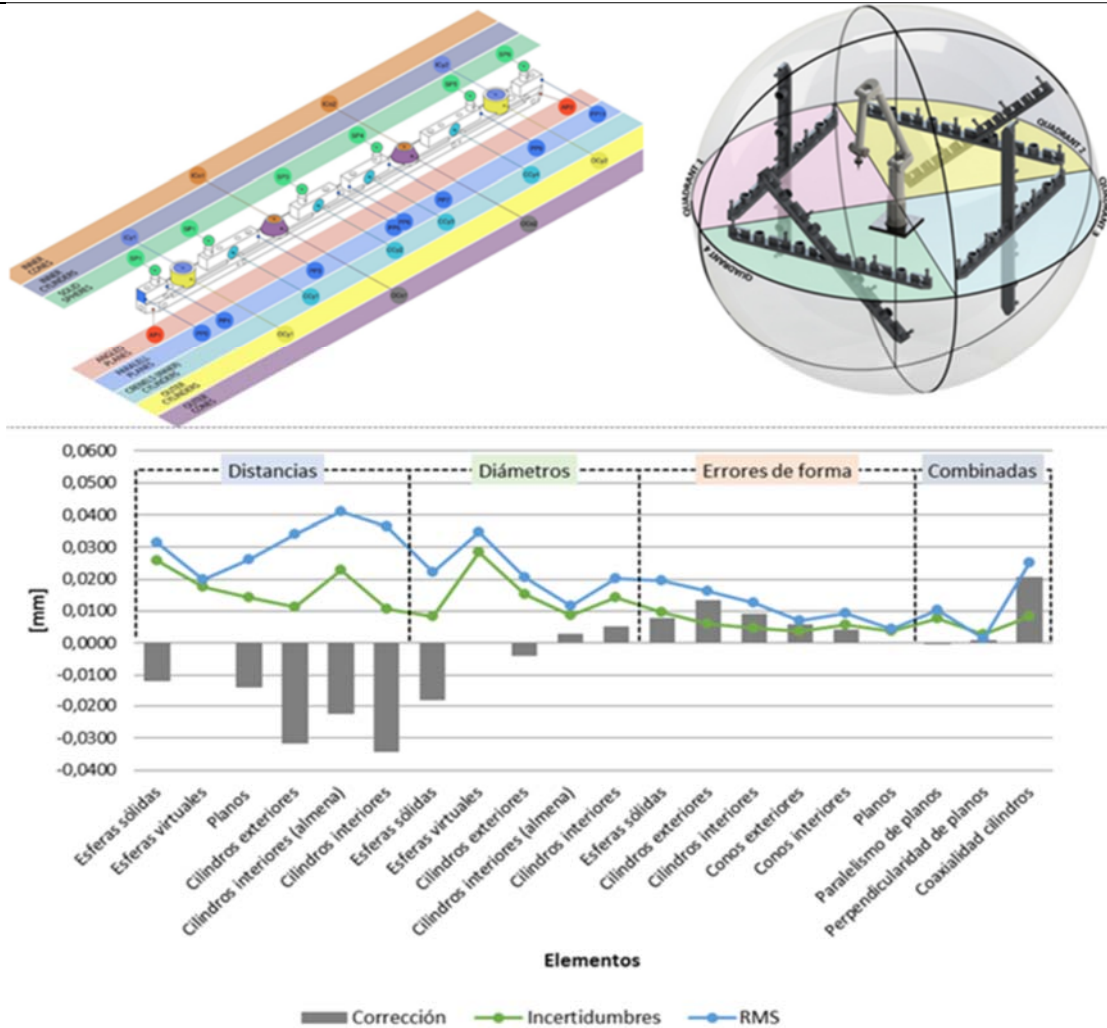


Fig. 3.- Procedimiento de Calibración con patrón de características. Arriba. - Detalle de características a evaluar y multiposiciones espaciales (8) del procedimiento. Abajo.- Ejemplo de resultados de una calibración basada en características de un Brazo de Medir por Coordenadas (CMA).

Dentro de la fase 2B, se desarrollaron diseños conceptuales de patrones de tipo óptico. En este caso se consideraron dos tipos: los adecuados para brazos de medir por coordenadas con sensor laser (de gran aceptación industrial) y los indicados para equipos de fotogrametría, luz blanca (o azul) estructurada, patrón de franjas y tecnologías similares. En ambos casos estos diseños estuvieron relacionados con investigación previas del investigador que realiza esta estancia. El primero es una versión heredada directamente del concepto de patrón de características visto anteriormente (fig.4(a)), pero ahora utilizando características fabricadas de materiales cerámicos blancos, y con textura adecuada (acabado mate), que los hace especialmente aptos para calibración de brazos de medir por coordenadas con sensor de triangulación láser, de tipo óptico.

En la fig.4(b) se muestra el segundo diseño conceptual de lo que puede ser la nueva generación de patrones (también de tipo multipropósito, de características) pero más orientado a calibración de equipos de visión, fotogrametría, etc. Aunque la incorporación de características es similar en ambos casos, la disposición de los elementos es radicalmente distinta. En el segundo modelo las distintas entidades son visibles desde "capturas" en distintos ángulos u orientaciones.



Fig. 4.- Patrones de nueva generación para metrología óptica y sistemas de Ingeniería inversa sin contacto.

En todos los modelos de patrón de características óptico similares a los modelos de tipo lineal como los de la fig.4(a), se puede utilizar el mismo método de cálculo de incertidumbre que se ha desarrollado en la subetapa 2A; mientras que en los otros se debe usar una combinación del método anterior (cuando se evalúen características) o de los métodos internos de artefactos ópticos de ISM3D (procedimientos T-02-05 Proc. Calibración reglas ópticas o el T-02-07 para círculos ópticos). Si se desea evaluar los errores según ejes cartesianos en máquinas ópticas con volumen bidimensional preferente, en patrones similares a los del modelo fig.4(b), también puede usarse una modificación del procedimiento interno de ISM3D T-04-02, verificación de MMC ópticas siempre que las características lo permitan.

En lo que respecta a la fase 3 de la propuesta de estancia, la relativa a la pretensión por parte de ISM3D de calibración de engranajes de precisión, también se puede decir aquí que esta parte se llevó a cabo con gran éxito y cumpliendo el cronograma de la actividad. En concreto se desarrolla aquí una propuesta de procedimiento de calibración basada en una novedosa metodología que utiliza el concepto de “patrón de geometría sustitutoria”. Concepto que, cuando se aplica a engranajes, resulta no solo novedoso sino altamente competitivo al eliminar la necesidad de trabajar con engranajes patrón físicos (piezas master), excesivamente caras, que exigen calibración periódica, y que además añaden incertidumbre cuando se utilizan los modelos clásicos de balance y propagación de incertidumbre (GUM, EA-4/02). A cambio la incertidumbre vendrá dada directamente por la variabilidad de la CMM, obtenida por un procedimiento estadístico basado en múltiples medidas sobre inversiones (giros) de la misma pieza a medir, de forma que es la propia máquina la que hace de elemento de referencia. Dicho de otra forma, la idea pasa por no tener que utilizar un patrón (engranaje de mayor precisión todavía) para calibrar un engranaje cualquiera. Pues esto obliga a un coste inasumible, no solo de adquisición del propio engranaje patrón, sino -y sobre todo- al coste de la calibración de dichos engranajes; y eso sin mencionar además que se necesitan gamas o series de los mismos y que la calibración debe ser periódica.

Se realizaron estudios a fin de obtener las geometrías sustitutorias que mejor se aproximen a un perfil de envolvente dado. Finalmente, se eligió un diseño de una geometría sustitutoria (fig. 5) creada a partir de dos entidades canónicas de alta precisión, como son un cilindro (para emular el perfil de envolvente) y una esfera para posicionar dicho perfil de forma repetitiva en el espacio de trabajo de la CMM que se utilizará como máquina de calibrar. Así, en base a este patrón de geometría sustitutoria, se analiza, con mediciones (inversiones) estadísticamente representativas, la repetibilidad de la CMM. Es lo que se podría llamar un procedimiento de corrección de errores (multiposición espacial, doble giro, etc.), que obtiene una muy buena aproximación de la incertidumbre asociada a la medición del perfil cuasi-envolvente sobre la geometría sustitutoria, en unas condiciones de medición muy similares a las que se usarán durante la verificación del engranaje real posterior. Donde a partir de las diferencias entre el perfil teórico de la envolvente y el perfil real (medido) se calcularán los parámetros de calidad.

Cronológicamente hablando, se partió de un estudio de diferentes alternativas para realizar la calibración de un determinado engranaje. El método más sencillo –y obvio quizás- sería disponer de un engranaje patrón, con el que realizar una comparativa y así poder asignar incertidumbre, según la filosofía de la ISO 15530-3. Esto se haría en base a un procedimiento que evaluase la diferencia entre el patrón y el engranaje a verificar. Sin embargo, en este modelo, a las diferencias encontradas entre ambos con su repetición estadística (incertidumbre tipo A según GUM), habría que sumarle cuadráticamente varias incertidumbres (tipo B según GUM) como la del propio patrón, la incertidumbre propia de la CMM (con un criterio totalizador por seguridad), las variaciones de temperatura, la división de escala o las debidas a diferencia entre coef. de dilatación de los materiales, etc. Por lo que al añadirlo el resto de contribuciones daría lugar a una incertidumbre global igual o peor que los procedimientos de la competencia (laboratorios acreditados de UK, Alemania, como FENCO, PTB o Newcastle University)

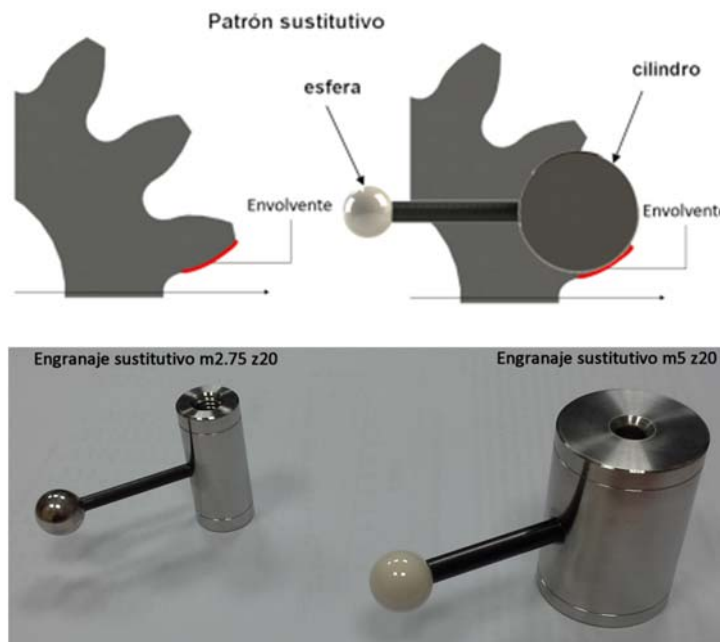


Fig. 5.- Concepto y patrones de geometría sustitativa para dientes de engranaje (permiten generar un perfil de cuasi-envolvente)

Por ello se decidió utilizar un procedimiento que es habitual para corregir errores de comportamiento metrológico de las CMMs (calibración de CMMs), pero que no es tan habitual en el ámbito de los engranajes: la multiposición. De este modo se calcula la repetibilidad mediante métodos promediadores que eliminen al máximo todos los errores de CMM en el espacio de trabajo del engranaje; como son el método del doble giro, el método de volteo, cambio de dirección de palpado (idas y vueltas), con o sin realineamientos; o una combinación de todo ellos, como fue el caso que se propone en esta investigación. De esta forma, mediante la utilización de una geometría sustitativa se evalúa el comportamiento “puro” de la CMM en el palpado de una superficie o de una curva (pues los escaneados se hacen a altura Z cte.). Curva que se aproxima lo suficiente al perfil teórico de un diente de engranaje. Incluso aunque la curva maestra, por decirlo así, se separe del perfil teórico de envolvente, se conocen matemáticamente dichas diferencias, por lo que el método sería válido. En este caso la CMM, al evaluar el engranaje real, tiene que dar dichas diferencias conocidas con gran exactitud con respecto a la geometría sustitutoria. Si la geometría sustitutoria tiene suficiente precisión (menos de 1, 2 o 3 micrómetros en error de forma, rugosidad menor de $Ra=0,2 \mu\text{m}$, p.e.), la aproximación o repetibilidad que la CMM consiga midiendo dicha curva es una medida extremadamente buena de la incertidumbre límite que cometería la CMM cuando mida el engranaje real. Eso sí, la citada repetibilidad debe ser a

costa de hacer métodos promediadores que eliminen al máximo todos los errores de CMM en el espacio de trabajo del engranaje (con lo métodos mencionados anteriormente y en los que ISM3D tiene dilatada experiencia, aunque con otros tipos de patrones más simples).

Esta metodología garantiza que el procedimiento empleado en el cálculo de los parámetros de calidad de un engranaje esté bajo control de la CMM y le asigna unas incertidumbres a dicha medida (fig.6). Evitando la necesidad de tener un engranaje patrón para cada tipo de engranaje y/o las calibraciones periódicas pertinentes.

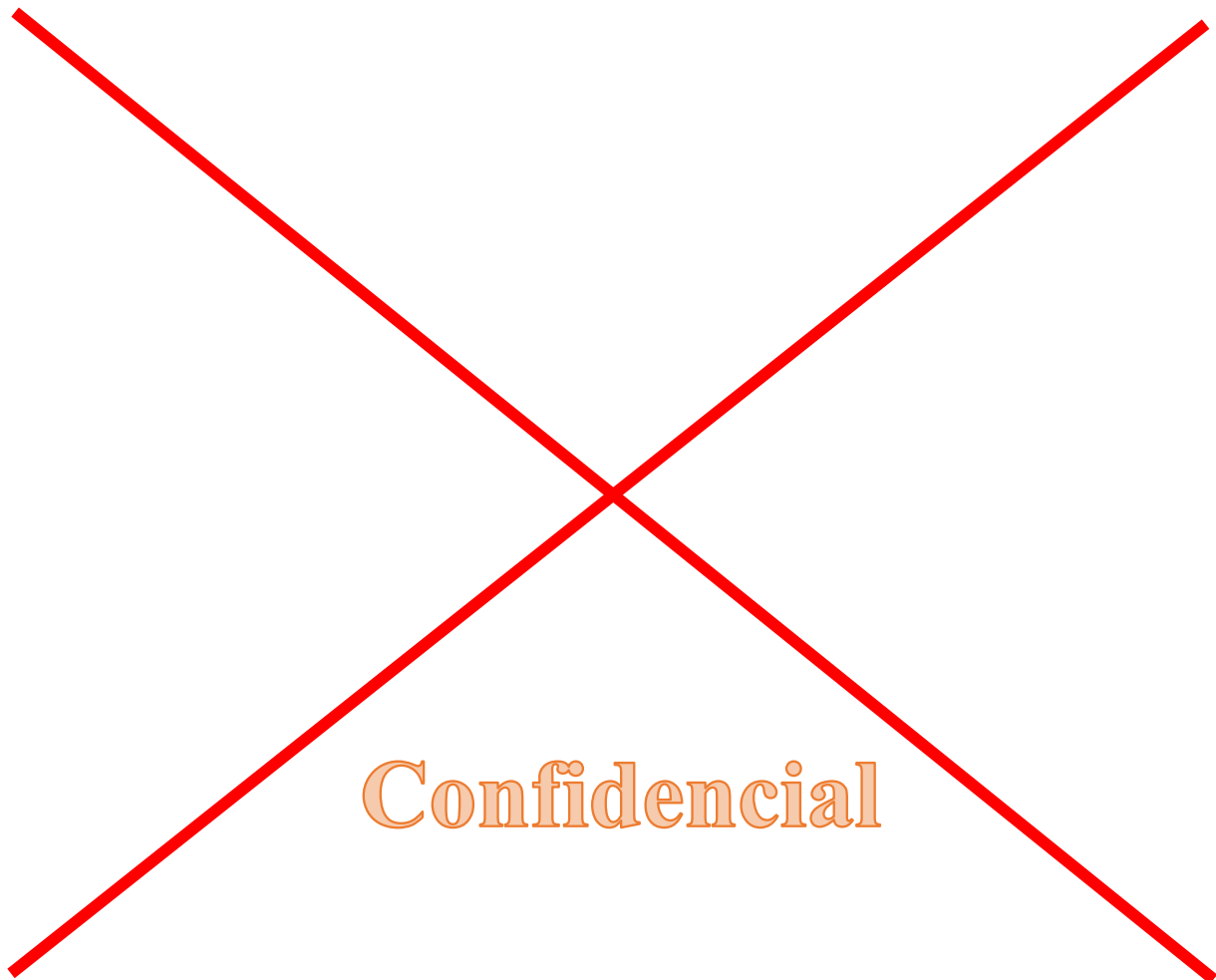


Fig. 6.- Metodología de evaluación utilizando geometría sustitutiva.

Afortunadamente dentro de esta etapa se pudo contar con un par de prototipos realizados (fig. 5) en las instalaciones de la Universidad (en el taller del Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación), realizados con un coste relativamente bajo, pero con suficiente precisión para servir de patrones de referencia. En concreto se fabricaron dos geometrías de dientes de envolvente. Una de módulo 5, con $z=20$ dientes y otra para engranaje de módulo 2,75 y $z=20$ dientes (utilizando cilindros de precisión de diámetros 34.666 mm y 17,215 mm, respectivamente). La altísima precisión de una de las máquinas de medir por coordenadas que se utiliza para calibrar los patrones (CMM ZEISS PRISMO NAVIGATOR) disponible en el laboratorio de ISM3D, permitirá validar el procedimiento, aunque eso sí, solo para un par de modelo de engranajes rectos. En la fig. 6 se muestra la metodología seguida para la calibración, basada en asignación de incertidumbres a los 3 parámetros principales de medición el engranaje, desviación total del perfil, error de forma del perfil y desviación del ángulo. En las fig.7 y 8 puede observarse una vista de

los ensayos de validación, cuyos datos se evaluarán al margen de esta actividad (previstos para 1er trimestre de 2017), con el fin de validar, y acreditar (ENAC), finalmente el método en el futuro.

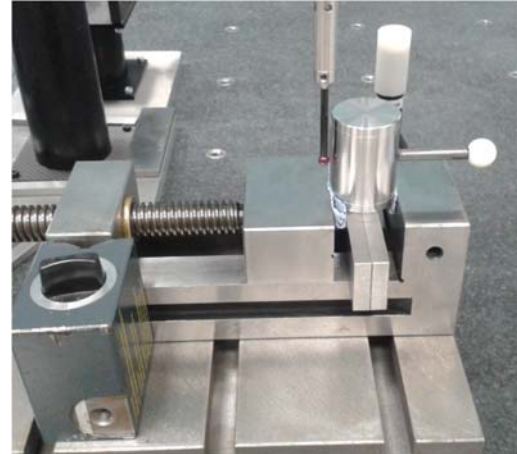


Fig.7.– Primeras pruebas de palpado en continuo (scanning) sobre el sector del cilindro para materialización del perfil de cuasi-envolvente.

Confidencial

Fig.8.– Izq. Programación sobre software de CMM de las trayectorias del perfil de cuasi-envolvente. Der. Resultados satisfactorios con la CMM Zeiss Prismo en Scanning (ISM3D).

En lo que respecta al cumplimiento del calendario previsto, mencionar que éste se ha seguido de forma bastante fiel con la ayuda concedida. Tan solo comentar que ha habido un cierto exceso de horas dedicadas a la fase 3, en parte porque la tarea 2B llevó menos horas de las previstas. Pero principalmente este desfase se ha producido debido a que la tarea 3A ha implicado un mayor esfuerzo y dedicación. Por un parte ha implicado un esfuerzo en el desarrollo –y discusión- del fundamento del procedimiento de calibración de engranajes de precisión basado en geometría sustitutoria; y por otra parte ha implicado el estudio de detalle del tipo de patrón sustitutorio a escoger como perfil de envolvente (lo llamamos perfil de cuasi-envolvente) e incluso su materialización. También hay que mencionar que, en el tramo final de la actividad, se pudo realizar un pequeño ensayo (fig. 8), comparando repetibilidad entre dos CMMs disponibles. Una, la del propio Dpto. de la universidad (es una CMM de producción), y la otra, una CMM de la empresa ISM3D, máquina de medir de máxima precisión (ZEISS PRISMO). Los resultados, aunque centrados sólo en un engranaje concreto y a una sola altura, ya permiten predecir que, gracias al alto control de errores con el que la empresa mantiene su CMM, va a ser posible asignar incertidumbres muy bajas a las mediciones que se obtengan del perfil; y con ello a las mediciones de los parámetros de calidad de los mismos



En resumen, se puede decir que, aunque se ha marcado la casilla de cumplimiento parcial de objetivos, esta se ha marcado por la diferencia entre lo solicitado y lo concedido; pero **sí se han cumplido completamente los objetivos financiados en la ayuda solicitada**: esto es, las tareas 2A, 2B (nuevos patrones por coordenadas) y también la tarea 3 (calibración de engranajes con geometría sustitutoria).

(Utilice el espacio necesario)

2. RESULTADOS OBTENIDOS MÁS RELEVANTES

Como resultados obtenidos más relevantes pueden citarse:

- Junto con la concepción y recopilación de los nuevos tipos de patrones orientados a metrología por coordenadas por contacto, se han establecido las líneas básicas de los nuevos procedimientos (y sus mejoras) para la calibración de los mismos: Tetraedros 3D, utillajes basados en patrones lineales de esferas, Patrones de características, etc. También se ha concebido un accesorio para multiposición espacial de los mismos.
- Transferencia de conocimiento a la empresa del concepto de calibración por características. Con detalle de las mismas, y de su forma de asignación de incertidumbres.
- Transferencia de conocimiento a la empresa del tipo de patrones para evaluación de máquinas ópticas 3D y equipos de fotogrametría. Con método de asignación de incertidumbres para su incorporación a procedimiento interno de calibración.
- Transferencia de conocimiento a la empresa de la Metodología de calibración de engranajes de precisión. La metodología se basa en la asignación de incertidumbre a un perfil de cuasi-envolvente midiendo una geometría sustituta del engranaje original (curva envolvente original). Esta metodología se ha podido validar parcialmente con un ensayo sobre un perfil de un diente de engranaje recto, utilizando máquina de precisión de ISM3D.

(Describe esquemáticamente)

3. BENEFICIOS OBTENIDOS POR LA EMPRESA DERIVADOS DE LA ESTANCIA

Señale y describa de forma concreta:

- a) Apertura de nuevas líneas de I+D+i
- b) Productos/procesos/servicios nuevos o mejorados
- c) Implementación de técnicas, tecnologías o procedimientos en I+D+i
- d) Medidas conducentes a la consecución del nivel correspondiente al estado de la técnica en el ámbito de su sector
- e) Participación en proyectos de I+D+i (internacionales, nacionales, regionales)
- f) Otros (especifique)

El conocimiento de las nuevas tipologías de patrones dimensionales, y de la mejor forma de abordar la calibración de los mismos, puede considerarse ya un beneficio en lo que a nuevas líneas de I+D+i se refiere. Tanto si se pueden adaptar los procedimientos internos de ISM3D (caso de los tetraedros, patrones incorporados a utillajes de referencia, etc.) como si éstos deben ser completamente nuevos (patrón de características), representa también un servicio claramente mejorado.



Gracias a esta ayuda, la empresa está en ahora disposición de calibrar patrones de características, tanto por contacto como ópticos. Ofreciendo también un servicio de evaluación por características “personalizado” a sus clientes. Y no solo a los fabricantes, sino también a los usuarios finales. Hablamos tanto de usuarios de Brazos de medir por coordenadas portátiles (CMAs), como usuarios de CMM fijas, de equipos de Laser Tracker, de equipos de Fotogrametría, etc. La evaluación por características permite asignar incertidumbre de medida orientada a la tarea, y con un solo artefacto. Algo crucial en los sistemas de aseguramiento de calidad de hoy en día.

Por ello puede decirse que, por una parte, el empleo de nuevos procedimientos tecnológicamente avanzados para las nuevas generaciones de patrones tanto dimensionales como ópticos, permiten constituir una nueva red comercial de clientes que se mueven en estas tecnologías. Hablamos no solo de los usuarios finales sino también de los fabricantes de equipos de medición por coordenadas basados que utilizan equipos portátiles (o fijos) de ingeniería inversa con necesidad de obtener medidas trazables. Esto se traduce directamente en una mayor cantidad de clientes potenciales.

En resumen, con la actividad planteada se ha conseguido la elaboración de un procedimiento para verificación y calibración de engranajes mediante Máquinas de Medir por Coordenadas (CMMS) de alta precisión. Tanto el procedimiento como su desarrollo matemático tienen la finalidad directa de ampliación del alcance del laboratorio obteniendo incertidumbres de calibración de engranajes, iguales o incluso inferiores a los actuales y a la competencia, y todo ello con un coste asumible. La empresa está especialmente interesada en la posibilidad de ofrecer calibraciones ENAC en el área de Engranajes como nuevo alcance de su laboratorio. Sobre todo, teniendo en cuenta que actualmente no existe ninguna empresa nacional acreditada ENAC en servicios de calibración de engranajes (e incluso muy pocas a nivel mundial). Aunque hay que aclarar que, en lo que respecta al desarrollo de una aplicación informática que sustente el método de cálculo propuesto y permita automatizarlo de forma fiable y robusta, ésta no está incluida dentro del alcance de esta estancia (constituiría otra actividad en sí misma y de mayor alcance), quedando pendiente de programarse -y ajustarse- a posterior, por cuenta íntegra de la empresa.

(Utilice el espacio necesario)