

Manual Estudiantil 2011

Investigación Científica y el Proceso de la Ciencia

La investigación es un proceso por el cual se descubre o crea nuevo conocimiento sobre el mundo en que vivimos. La ISEF de Intel y las ferias afiliadas son una investigación conducida. Los estudiantes diseñan proyectos de investigación que proveen datos cuantitativos a través de la experimentación seguidos por el análisis y la aplicación de los mismos. Los proyectos que son demostraciones, material de investigación o proyectos informativos, modelos explicativos o equipos de construcción no son apropiados para investigación basada en las ferias de ciencia.

El cuestionamiento es probablemente la parte más importante de una investigación científica y es seguido a menudo por una oración "si... entonces". Se anima a los estudiantes a diseñar experimentos 'controlados' que les permitan establecer un estándar y cambiar una sola variable a la vez para observar como esta variable puede afectar la condición original probada como estándar. Como resultado, el cuestionamiento usualmente lleva hacia experimentos u observaciones.

Buenos científicos, jóvenes o viejos, usan frecuentemente un proceso para estudiar lo que ven en el mundo. Este proceso ha sido mencionado como el 'Método Científico' o más recientemente como 'Ciclo de preguntas'. Las etapas nombradas a continuación pueden ayudar a producir un buen experimento científico:

- 1) Sea curioso, escoja un tema limitado, formule una pregunta; identifique u origine/defina un problema. Es importante que esta pregunta sea una pregunta comprobable -una en la cual los datos sean tomados y usados para encontrar una respuesta. Una pregunta comprobable puede además ser identificada como una en la cual una o más variables pueden ser identificadas y probadas para observar el impacto de la variable en el arreglo original de condiciones. La pregunta no debe ser solamente una pregunta informativa donde la respuesta pueda ser obtenida a través de investigación literaria.
- 2) Revise materiales publicados relacionados con su problema o pregunta. Esta revisión debe incluir también revisión de las Reglas Internacionales y Directrices (www.societyforscience.org/isef/rulesandguidelines). A esto se le llama investigación sustentada.
- 3) Evalúe posibles soluciones y conjeture por que usted piensa que esto está pasando (hipótesis).
- 4) Diseño experimental (procedimiento). Al diseñar el experimento, es crítico que sólo una variable -una condición que puede afectar los resultados del experimento- cambie a la vez. Esto hace que el experimento sea 'controlado'.

- 5) Desafíe y compruebe su hipótesis a través del procedimiento de experimentación (recolección de datos) y del análisis de sus datos. Use gráficos para ayudarle a descubrir patrones en los datos.
- 6) Elabore conclusiones basadas en la evidencia empírica obtenida del experimento.
- 7) Prepare su informe y su exhibición.
- 8) Revise y discuta sus descubrimientos con un grupo de pares/con un científico profesional.
- 9) Nuevas preguntas pueden surgir de la discusión.

Esto fija la etapa para otro proyecto de investigación mientras que otros plantean nuevas preguntas y el proceso se repite. La hipótesis cambia a menudo durante el curso del experimento. El sustentar o no su hipótesis es secundario a lo que es aprendido y descubierto durante la investigación.

Investigación No Basada en Preguntas

No todas las áreas de estudio sirven para la investigación basada en el método científico. Porque ingenieros, inventores, matemáticos, físicos teóricos y programadores tienen diferentes objetivos comparados con otros científicos, ellos siguen diferentes procesos en su trabajo. El proceso que usan para contestar una pregunta o resolver un problema es diferente dependiendo de su área de estudio. Cada uno usa su propio criterio para llegar a una solución.

Proyectos en Ingeniería

"Los científicos tratan de entender cómo trabaja la naturaleza; los ingenieros crean cosas que nunca han existido". Un proyecto en ingeniería debe declarar los objetivos en ingeniería, el proceso de desarrollo y la evaluación de mejoras. Los proyectos en ingeniería deben incluir lo siguiente:

- 1) Definir una necesidad o "¿Cómo puedo hacer esto mejor?"
- 2) Desarrollar o establecer un criterio de diseño (puede ser más de uno)
- 3) Hacer investigación sustentada y buscar en la literatura para observar que ha sido realizado o que productos existen que satisfacen una necesidad similar. ¿Qué los hace buenos y qué los hace débiles?
- 4) Preparar diseños preliminares y una lista de materiales. Considerar costos, fabricación y requerimientos del usuario.
- 5) Construir y probar un prototipo de su mejor diseño. Considerar confiabilidad, reparación y servicio.
- 6) Comprobar y rediseñar si se hace necesario. Prueba del producto.
- 7) Presentar resultados.

Proyectos en Ciencias de la Computación

Estos proyectos involucran la creación y escritura de nuevos algoritmos para resolver problemas o mejorar un algoritmo ya existente. Simulaciones, modelos o 'realidad virtual' son otras áreas en las cuales se puede llevar a cabo la investigación.

Proyectos en Matemáticas

Estos proyectos involucran pruebas, resolución de ecuaciones, etc. Las matemáticas son el lenguaje de la ciencia y son usadas para explicar fenómenos existentes o para probar nuevos conceptos e ideas.

Proyectos Teóricos

Estos proyectos pueden involucrar un experimento teórico, desarrollo de nuevas teorías y explicaciones, formación de conceptos o diseño de un modelo matemático.

Para Empezar

- 1) **Seleccionar su Tema:** Esta parte es tal vez la más difícil. Tener una idea de lo que quiere estudiar o aprender. Las ideas deben provenir de cosas relacionadas con sus áreas de interés. Un hobby puede conducirle hacia un buen tema. ¿Qué está pasando en el mundo sobre lo que usted quiera saber más? Lo más importante, es escoger una pregunta o problema que no sea demasiado amplia y que pueda ser respondida a través de la investigación científica.
- 2) **Investigar su Tema:** Ir a la biblioteca o buscar en Internet para aprender más sobre el tema escogido. Siempre pregunte por qué o qué pasa si... Busque resultados inesperados o inexplicables. También, hable con profesionales en el campo.
- 3) **Organizar:** Organizar todo lo que ha aprendido sobre el tema seleccionado. En este punto, usted debe estrechar su pensamiento enfocándose en una idea en particular.
- 4) **Elaborar un Calendario:** No solo se debe escoger un tema que sea interesante sino también que pueda realizarse en el lapso de tiempo que se tiene. Identifique su 'pregunta comprobable'. Desarrolle una línea de tiempo para manejar su tiempo más eficientemente. Usted necesitará tiempo para llenar los formularios necesarios y para revisar el plan de investigación con su patrocinador. Ciertos proyectos requerirán más tiempo porque necesitan aprobación previa del Comité de Revisión Científica (CRC) o del Comité de Revisión Institucional (CRI). Permítase todo el tiempo para experimentar y recolectar datos. Usted necesitará tiempo para escribir un artículo y armar su demostración o tablero de demostración.
- 5) **Planear su Experimento:** Piense detenidamente sobre el diseño del experimento. Una vez que usted tenga una idea factible del proyecto, escriba un plan de investigación. Este plan debe explicar cómo realizará sus experimentos y que van a involucrar exactamente. Recuerde que debe diseñar su experimento de modo que sea un 'experimento controlado'. En este experimento sólo se cambia una variable a la vez. Los resultados son comparados con los datos estándar que se tomaron originalmente antes de cambiar la variable. Como resultado, usted ha diseñado una investigación con control adecuado y variables limitadas para investigar una pregunta. Además, en su diseño del experimento, asegúrese de incluir suficientes números en ambos controles (si se aplica) y grupos experimentales para que sea válido estadísticamente. El diseño del experimento debe incluir también una lista de materiales. Una vez terminado el diseño del experimento (llamado 'procedimiento') todos los estudiantes deben llenar los formularios apropiados.
- 6) **Consultar con su Patrocinador y Obtener Aprobaciones:** Se requiere que usted discuta su plan de investigación con su patrocinador y obtenga una firma de aprobación. Al revisar su plan de investigación, usted debe determinar si se necesitan formularios adicionales o aprobación previa.
- 7) **Realizar el Experimento:** Durante la experimentación, mantenga notas detalladas de cada experimento, medición y observación en un diario. No confíe en la memoria. Además, ¡los jueces aman los diarios! Use tablas de datos o gráficos para registrar sus datos cuantitativos.
- 8) **Analizar sus Resultados:** Cuando complete sus experimentos, examine y organice sus hallazgos. Use gráficos apropiados para hacer fotografías de sus datos. Identifique patrones en los gráficos. Esto puede ayudar a responder su pregunta comprobable. ¿Sus experimentos le dieron los resultados esperados?, ¿Por qué o por qué no?, ¿Su experimento fue realizado con los mismos pasos cada vez?, ¿Puede haber otras explicaciones que usted no haya considerado u observado?, ¿Hubo errores experimentales en la toma de datos, en el diseño del experimento o en las observaciones? Recuerde, entender los errores es una habilidad clave que los científicos deben desarrollar. Además, reportar una variable sospechosa que no cambió puede ser una información valiosa. Este también puede ser un 'descubrimiento' tanto como si la variable hubiese cambiado. Además, analizar estadísticamente sus datos usando estadísticas que pueda entender y explicar su significado.
- 9) **Elaborar Conclusiones:** ¿La(s) variable(s) testeada(s) causa(ron) algún cambio al ser comparada(s) con el estándar que usted está utilizando? ¿Qué patrones entre sus variables observa al analizar el gráfico? ¿Cuales variables son importantes? ¿Necesita usted realizar más experimentos? Mantenga su mente abierta -nunca altere los resultados para que encajen con la teoría. Si sus resultados no soportan su hipótesis, está bien y en algunos casos ¡es bueno! Trate de explicar porqué usted obtuvo resultados diferentes a lo predichos por su investigación literaria. ¿Puede haber ocurrido que se presentaran fuentes de error que hayan causado estas diferencias? Si eso fue lo que ocurrió, usted debe identificarlas. Incluso si los resultados difieren, usted ha completado una investigación científica exitosa tomando una pregunta y tratando de descubrir la respuesta a través del testeo cuantitativo. Esta es la forma de obtener conocimiento en el mundo de la ciencia. Piense en aplicaciones prácticas que puedan realizarse a partir

de esta investigación. ¿Cómo este proyecto puede ser usado en el mundo real? Finalmente, explique cómo puede usted mejorar el experimento y qué puede hacerse de forma diferente.

Elementos de un proyecto exitoso

1) Libro de datos del proyecto:

Un libro de datos de un proyecto es su más preciada pieza de trabajo. Notas detalladas y exactas hacen un proyecto lógico y ganador. Las buenas notas muestran consistencia y meticulosidad a los jueces y puede ayudar en la escritura de su artículo de investigación. Las tablas de datos también son de ayuda. Pueden ser un poco confusas pero asegúrese que los datos cuantitativos registrados son exactos y que las unidades se incluyan en las tablas de datos. Asegúrese de fechar cada entrada.

2) Artículo de investigación:

Debe prepararse un artículo de investigación y estar disponible junto con el libro de datos del proyecto y cualquier formulario necesario además de materiales escritos relevantes. Un artículo de investigación ayuda a organizar tanto los datos como las ideas. Un buen artículo incluye las siguientes secciones.

- a) **Título y Tabla de Contenido:** El título y la tabla de contenido permiten al lector seguir la organización del artículo rápidamente.
- b) **Introducción:** La introducción prepara la escena para su informe. La introducción incluye el propósito, su hipótesis, problemas u objetivos de ingeniería, una explicación sobre qué anima su investigación y qué espera usted conseguir.
- c) **Materiales y Métodos:** Describe en detalle la metodología que usted usó para recolectar los datos, hacer observaciones, diseñar un aparato, etc. Su artículo de investigación debe ser lo suficientemente detallado de forma que cualquiera pueda ser capaz de repetir el experimento con la información de su artículo. Incluir fotografías detalladas o dibujos del equipo diseñado. Incluir solamente el trabajo del año en curso.
- d) **Resultados:** Los resultados incluyen datos y análisis. Debe incluir estadísticas, gráficos, páginas con su recolección de datos, etc.
- e) **Discusión:** Esta es la esencia de su artículo. Compare sus resultados con valores teóricos, datos publicados, creencias mantenidas comúnmente, y/o resultados esperados. Incluya una discusión sobre posibles errores. ¿Cómo varían los datos entre observaciones repetidas o eventos similares?, ¿Cómo los resultados fueron afectados por eventos no controlados?, ¿Qué haría diferente si repitiera este proyecto?, ¿Qué otros experimentos realizaría?
- f) **Conclusiones:** Resuma brevemente sus resultados. Aclares sus conclusiones con relaciones de una variable con otra. Soporte estas afirmaciones con datos empíricos (un promedio comparado con otro promedio, por ejemplo). Sea específico, no generalice. Nunca introduzca algo en la conclusión que no haya sido discutido

- anteriormente. Mencione además aplicaciones prácticas.
- g) Debe darle crédito a las personas que le han asistido, incluyendo instituciones de investigación educativas o de negocios o individuales. Sin embargo los reconocimientos en un tablero de demostración de un proyecto son una violación de las reglas de demostración del D&S y deben removerse.
 - h) **Referencias/Bibliografía:** Su lista de referencias debe incluir cualquier documento que no sea propio (p. ej. libros, artículos de diarios, sitios web, etc.). Busque una referencia apropiada en su disciplina para dar formato o refiérase a las instrucciones para autores de una publicación apropiada.

Tres estilos de referencia comunes son:

Estilo **APA** (Asociación Sicológica Americana)

<http://apastyle.apa.org/>

<http://www.calvin.edu/library/knightcite/index.php>

<http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/560/01/>

Estas fuentes ofrecen ejemplos para el formato general de los artículos de investigación de la APA, citas en el texto, notas finales/notas de pie de página y página de referencia.

Formato **MLA** (Asociación de Lenguaje Moderno)

<http://www.mla.org/style>

<http://www.calvin.edu/library/knightcite/index.php>

<http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/570/01/>

Estas fuentes ofrecen ejemplos para el formato general de los artículos de investigación de la MLA, citas en el texto, notas finales/notas de pie de página y página de trabajos citados.

Manual de Estilo de Chicago

<http://www.chicagomanualofstyle.org/home.html>

<http://www.calvin.edu/library/knightcite/index.php>

El Manual de Estilo de Chicago presenta dos sistemas básicos de documentación. El sistema de autor-fecha más conciso ha sido ampliamente utilizado por aquellos en las ciencias físicas, naturales y sociales. En este sistema, las fuentes son citadas brevemente en el texto, usualmente en paréntesis, con el apellido del autor y la fecha de publicación. Las citas simples se amplifican en la lista de referencias, donde se provee toda la información bibliográfica.

Patentes e Información sobre Derechos de Autor (Copyright)

Si quiere proteger su trabajo, puede considerar aplicar a una patente o derechos de autor. Puede contactar a la Oficina de Asuntos Públicos, a la Oficina de Patentes de los Estados Unidos, al 1-800-786-9199 para información sobre patentes o a la Biblioteca del Congreso al 202-707-3000 para información sobre derechos de autor.

3) Resumen (Abstract):

Después de terminar la investigación y la experimentación, usted debe escribir un resumen. El resumen debe ser de

máximo 250 palabras en una página. Un resumen debe incluir a) el propósito del experimento, b) los procedimientos utilizados, c) los datos y conclusiones. Debe incluir además cualquier aplicación posible de la investigación. Solo se debe incluir la mínima referencia de trabajos previos. El resumen debe enfocarse en el trabajo realizado en el año en curso y no debe incluir a) reconocimientos, o b) los trabajos o procedimientos realizados por el mentor. Observe a continuación el ejemplo de un resumen escrito apropiadamente. Vea la página 23 de las Reglas Internacionales para el formato apropiado de un Resumen y Certificación Oficial de la ISEF de Intel. Por favor note: la forma oficial del resumen es sólo para aquellos que participan en la ISEF y puede no ser requerida por muchas ferias afiliadas o locales.

Ejemplo de un Resumen

Efectos de un motor marino extractor de agua en las algas
Mary E. Jones
Hometown High School, Hometown, PA, Estados Unidos

Este proyecto en su forma presente es el resultado de una experimentación de prueba biológica sobre los efectos del motor marino extractor de agua de dos ciclos en ciertas algas verdes. La idea inicial fue determinar la toxicidad del lubricante del motor fuera de borda. Algunos éxitos con lubricantes eventualmente condujeron a la formulación del agua sintética del extractor la cual, a su turno, guió al uso del agua del actual motor extractor de dos ciclos como sustancia de prueba.

La toxicidad fue determinada por medio de la botella estándar o la técnica de prueba biológica. Los microorganismos usados para la prueba fueron *Scenedesmus quadricauda* y *Ankistrodesmus*. La toxicidad fue medida en términos del decremento en el máximo producido por un cultivo. Se encontró en la concentración efectiva - 50% (EC50) para *Scenedesmus quadricauda* 3.75% de agua extraída; y para *Ankistrodesmus* 3.1% de agua extraída usando la técnica de la botella.

Anomalías encontradas en las curvas de crecimiento elevaron las sospechas que la evaporación estaba afectando los resultados; por tanto, se improvisó un sistema de flujo utilizando las características de un equipo llamado Biomonitor. El uso del Biomonitor disminuyó la influencia de la evaporación, y se encontró que el EC50 1.4% extraída usando *Ankistrodesmus* como organismo de prueba. Las poblaciones mixtas de varias algas dieron una EC50 con 1.28% de agua extraída.

Las contribuciones de este proyecto son dos. Primero, se encontró que la toxicidad del agua del motor marino extractor de dos ciclos es mayor que la reportada en la literatura (1.4% vs. 4.2). Segundo, los beneficios de la técnica de prueba biológica de flujo usando el Biomonitor fueron demostrados.

Reglas y Directrices Internacionales

www.societyforscience.org/isef/rules&guidelines

Las reglas fueron desarrolladas para facilitar lo siguiente:

- Proteger los derechos y el bienestar del estudiante investigador y los sujetos humanos
- Proteger la salud y el bienestar de los sujetos animales vertebrados
- Seguir las regulaciones federales que gobiernan la investigación
- Ofrecer guía a ferias afiliadas
- Usar prácticas de laboratorio seguras
- Enfocar preocupaciones ambientales

4) Demostración Visual

Usted desea atraer e informar. Debe hacer fácil a los espectadores interesados y a los jueces para evaluar su estudio y los resultados que ha obtenido. Usted quiere 'llamar la atención' de los jueces y convencerlos que su investigación es de calidad suficiente para merecer un escrutinio más cercano. La mayoría de las demostraciones o tablero de demostración tienen tres secciones y son de categoría libre. En su mayor parte las demostraciones son puestas en una mesa. La mayoría de jueces de la ISEF de INTEL tienen oportunidad de mirar el tablero de demostración antes de las entrevistas. Aproveche su espacio usando demostraciones concisas y limpias. Usted nunca tendrá una segunda oportunidad de crear una primera impresión! Por favor asegúrese de referirse a las Reglas de Seguridad y Demostración y las Reglas Internacionales y Directrices; esta información está disponible en la página web de la Sociedad para la Ciencia y el Público: www.societyforscience.org.

Sugerencias Útiles para la Demostración

- a) **Año en Curso:** Asegúrese que su tablero de demostración refleja solamente el trabajo del año en curso. Se permiten libros de datos previos en su proyecto.
- b) **Buen Título:** Su título es un gancho demasiado importante. Un buen título puede presentar su investigación de forma simple y exacta y representa la naturaleza del proyecto. El título debe hacer que el observador causal desee saber más.
- c) **Tome fotografías:** Muchos proyectos involucran elementos que no pueden exhibirse en la feria de forma segura, pero que son parte importante del proyecto. Usted puede desear tomar fotografías de fases/partes importantes de su experimento para ser usadas en su demostración. Las fotografías o imágenes visuales de sujetos humanos deben haber firmado el formulario de consentimiento. Se debe dar crédito a todas las fotografías.
- d) **Sea organizado:** Asegúrese que su demostración sigue una secuencia y es presentada lógicamente y fácil de leer. Alcance al lector rápido. Una mirada debe permitir a cualquiera (particularmente a los jueces) localizar rápidamente el título, el resumen, los experimentos, los resultados y las conclusiones. Al organizar su demostración, imagine que esta viéndola por primera vez. Destaque sus resultados usando gráficos clave que muestren relaciones de dos variables probadas. Use los gráficos para dar una 'imagen' de los datos a sus observadores. Estos gráficos pueden proveer un método

más fácil de observación de datos preferible a solamente observar todos los datos cuantitativos registrados.

- e) **Llamar la Atención:** Asegúrese que su demostración destaca. Use encabezamientos ordenados y descriptivos, cuadros o gráficos para presentar su proyecto. Ponga especial atención a las etiquetas de los gráficos, cuadros, diagramas, fotografías, y tablas para asegurar que cada uno tiene un título y una etiqueta apropiada describiendo que se está demostrando. Cualquiera debe ser capaz de entender las ayudas visuales sin necesidad de más explicación.
- f) **Presentado correctamente y bien construido:** Asegúrese de adherirse a las limitaciones de tamaño y reglas de seguridad cuando prepare su demostración. Demuestre todas las formas requeridas para su proyecto. Asegúrese de que su demostración está bien preparada, y que debe permanecer intacta por algún tiempo. Debe considerar además el peso del proyecto para poder transportarlo. Puede ser muy costoso transportar una demostración muy pesada. Mantenga sus materiales ligeros, pero fuertes.

Por favor tome nota: Los jueces juzgan su investigación, no la demostración. Así que no gaste una cantidad excesiva de tiempo o dinero en el tablero de demostración. ¡Usted está siendo juzgado en ciencia no en un show!

5) Evaluación

Los jueces evalúan y se centran en 1) qué hizo el estudiante en el año en curso; 2) hasta que punto siguió el estudiante las metodologías matemáticas, científicas, de ingeniería o de programación computacional; 3) el detalle y la exactitud de la investigación de cómo fue documentada en el libro de datos; y 4) si los procedimientos experimentales fueron usados de la mejor forma posible.

Los jueces buscan una investigación bien pensada. Ellos buscan cuán significativo es su proyecto en su campo; cuán cuidadoso fue usted, y cuánto del experimento fue pensado y diseñado por usted.

Inicialmente, los jueces toman información de su tablero de demostración, resumen y artículo de investigación para aprender sobre que es su proyecto, pero es en la **entrevista** que se dará la determinación final a su trabajo. Los jueces aplauden a esos estudiantes que pueden hablar libremente y con confianza sobre su trabajo. Ellos no están interesados en discursos memorizados o presentaciones -ellos simplemente quieren **hablar** con usted sobre su investigación y ver si usted conoce su proyecto de principio a fin. Es importante comenzar la entrevista en la forma adecuada. Salude a los jueces y preséntese. Usted quiere crear una buena impresión. La apariencia, las buenas maneras, un atuendo apropiado y entusiasmo por lo que está haciendo puede impresionar a los jueces.

Los jueces preguntan frecuentemente para probar el conocimiento que usted posee de su proyecto, como: ¿Cómo le surgió esta idea?, ¿Cuál es su rol?, ¿Qué no hizo? ¿Qué otros planes tiene para continuar la investigación? y ¿Cuáles son las aplicaciones prácticas de su proyecto? Recuerde que los jueces necesitan comprobar que usted entiende los principios

básicos de la ciencia detrás de su proyecto o área de estudio. Ellos quieren determinar si usted ha medido y analizado correctamente los datos. Ellos desean saber si usted puede determinar las posibles fuentes de error en su proyecto y cómo puede aplicar sus hallazgos en el mundo 'real'.

Finalmente, los jueces desean animarle en sus esfuerzos científicos y en sus futuros objetivos/carrera en la ciencia. Relájese, sonría y disfrute su tiempo para aprender de ellos y acepte sus espaldarazos por su buen trabajo.

Criterio de Evaluación de la ISEF de Intel (puntos)

	individual	equipo
Capacidad Creativa	30	25
Pensamiento Científico y Objetivos en Ingeniería	30	25
Meticulosidad	15	12
Habilidad	15	12
Claridad	10	10
Trabajo en equipo	---	16