

La Bitácora de Laboratorio: Instrumento de Investigación y Trabajo

L.M. Martínez¹

¹ *Departamento de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Electrónica y de Comunicaciones
Universidad Iberoamericana, Ciudad de México
México D.F., 01210, México*

Sumario – Este artículo presenta el modelo para utilizar la bitácora de laboratorio como un instrumento de investigación y trabajo en el laboratorio. Se ha adecuado a las actividades comunes del estudiante de licenciatura en los laboratorios de ingeniería electrónica y de comunicaciones.

1. INTRODUCCION

El trabajo experimental en el laboratorio universitario busca tres objetivos [Rugarcia, 1997]: (a) adquirir conocimientos y conceptos propios de la materia, (b) desarrollo de habilidades propias de la disciplina y (c) refuerzo actitudes hacia el trabajo. La práctica en los laboratorios de ingeniería electrónica en la Universidad Iberoamericana, se logra de acuerdo con las prácticas comunes de la enseñanza de esta ingeniería en tres grupos de actividades: (a) prácticas demostrativas, (b) proyectos de diseño cortos y (c) proyectos de investigación. Recientemente, estas actividades se han centrado en el segundo tipo donde, a diferencia del primero que asemeja una “receta de cocina”, se motiva al alumno para resolver un problema de diseño en ingeniería cuya solución es abierta. Esto se logra definiendo claramente el problema a resolver y estableciendo las herramientas disponibles para esto. Durante la evolución del programa en ingeniería electrónica y de comunicaciones en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México se ha demostrado la efectividad de dicho método. Desafortunadamente, se han observado una serie de deficiencias que disminuyen la eficiencia del aprendizaje. Una de estas deficiencias es la carencia de una metodología formal de trabajo, que se centra en el desarrollo de habilidades y requiere una actitud de trabajo ordenado y sistemático.

La bitácora de laboratorio o bitácora, ha sido utilizada por científicos, investigadores e ingenieros para llevar un registro cronológico documental del trabajo en el laboratorio. Hoy en día continúa siendo la mejor forma de registrar los resultados y la metodología de trabajo en la investigación industrial y académica. En el primer caso, la investigación industrial, esta herramienta sirve como evidencia de primera invención. La carencia de estos registros puede ocasionar una gran pérdida económica. Por otra parte en el entorno académico, la carencia de una bitácora resulta en una pérdida de tiempo, incapacidad de elaborar reportes de forma eficiente y la imposibilidad de reutilizar diseños probados y conocidos en futuros proyectos. De aquí que se recomiende llevar una bitácora con las reglas y prácticas comúnmente aceptadas en el entorno

académico. Se ha observado que los estudiantes que registran el trabajo en el laboratorio en una bitácora o medio similar producen mejores reportes y por ende obtienen mejores calificaciones.

Las figuras 1 y 2 muestran imágenes de bitácoras que hoy en día son famosas por su relevancia en la ingeniería. La primera muestra el primer “bug” de computadora mientras que la segunda el invento del transistor.

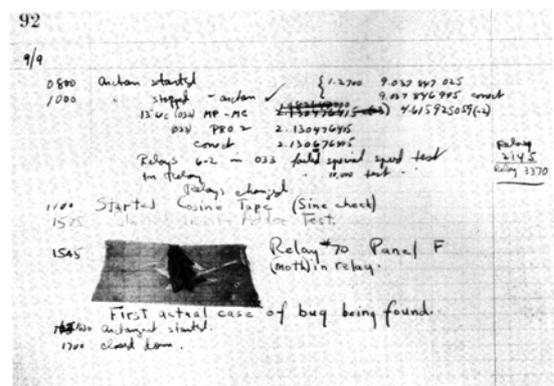


Figura 1. Sección de la bitácora donde se registró el primer “bug” de computadora. Nótese que se adhirió con cinta adhesiva. (Tomado de Kanare, 1985).

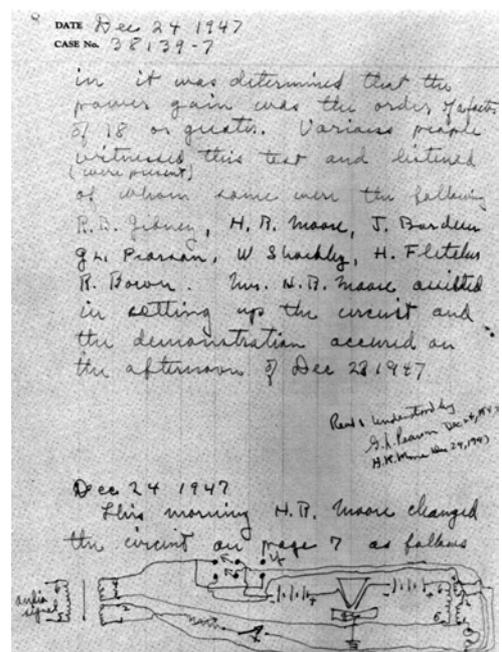


Figura 2. Bitácora de los laboratorios Bell donde se demuestra el descubrimiento del transistor. (Tomado de Kanare, 1985).

2. METODOLOGIA

Existen diferentes enfoques que norman el desarrollo de una bitácora. Las secciones subsecuentes discuten el contenido de un modelo derivado de la experiencia adquirida durante experiencias previas del autor en las universidades de Strathclyde (Glasgow, G.B.), Brunel (Londres, G.B.) y Connecticut (EE.UU.). Sin embargo, conviene mencionar que el objetivo final de llevar una bitácora es que pueda ser comprendida por los pares con un nivel de conocimiento similar y que ellos puedan repetir los experimentos escritos y presumiblemente obtener los mismos resultados.

Una bitácora puede reportar uno o varios experimentos, incluso una bitácora puede contener sólo parte de un experimento o investigación. En general, cuenta con cuatro secciones: (a) portada, (b) tabla de contenido, (c) experimentos e (d) información de referencia. Físicamente, la bitácora es un cuaderno de trabajo preferentemente de pasta dura cuyas hojas no puedan ser desprendidas, este aspecto es importante por lo que no deberán utilizarse cuadernos de espiral u carpetas con hojas desprendibles. Es importante recordar que una bitácora pretende crear un registro permanente, por lo que no se deberá arrancar ninguna hoja del cuaderno. Tradicionalmente las bitácoras disponibles en los EE.UU y en Europa, cuentan con páginas alternadas de rayado horizontal y con cuadrícula milimétrica (para realizar gráficas). Sin embargo, hoy en día el acceso al software de graficación ha optimizado el proceso de dibujo, por lo que se acostumbra pegar las impresiones de diagramas, figuras, tablas y gráficas. Esto permite utilizar hojas con rayado horizontal o blancas. La bitácora puede ser personal o grupal, en este último caso uno de los integrantes del equipo de trabajo es el encargado de cuidar la bitácora. Para que efectivamente se logre un registro permanente se deberá tratar de cumplir con los siguientes aspectos:

- A. Es mejor utilizar papel libre de ácido, así como pegamentos libres de ácido de esta forma se evita un deterioro a largo plazo
- B. Siempre se deberá escribir con tinta en una bitácora, por lo que deberán evitarse anotaciones con lápiz
- C. Puede pegarse cualquier material en la bitácora, aunque de preferencia deberán evitarse aquellos pegamentos que destruyan el papel y las grapas metálicas que puedan oxidarse.
- D. Los espacios no utilizados u hojas sin llenar deberán ser tachados con una línea diagonal que indica que no fueron dejados en blanco por un olvido si no por el contrario intencionalmente.
- E. Los errores en las bitácoras son importantes, por lo que no deberá borrar el texto. En cambio, deberá tacharse con una línea horizontal de esta forma se podrá leer aún la equivocación.

- F. Todas las páginas de la bitácora deberán estar numeradas, es indispensable hacer esto antes de empezar a utilizarla.

2.1 Portada

La portada de la bitácora deberá contener al menos los siguientes datos: (a) Nombre del estudiante o estudiantes, (b) laboratorio de trabajo, (c) fecha de inicio, (d) proyecto (opcional). Adicionalmente, es recomendable poner un número telefónico o correo electrónico en caso de esta se pierda.

2.2 Tabla de contenido

Esta sección deberá estar numerada y es conveniente dejar dos o tres páginas en blanco para esta tabla. Aquí se registrarán los números de páginas de las actividades o experimentos, el registro se completa una vez concluido el experimento.

2.3 Experimentos

Esta sección es la parte medular de una bitácora. Aquí se describen en forma cronológica la metodología, observaciones y resultados de un experimento. Para esto se requiere cumplir las siguientes reglas:

- Todas las hojas de la bitácora deberán indicar el nombre del experimento (como está escrito en la Tabla de Contenido) en la parte superior y la fecha en que se utilizó la página, en la parte inferior o después de la última anotación del día, seguido del nombre, firma o iniciales de quien hizo la anotación.
- Los experimentos siempre se escriben en primera persona y en el lenguaje más simple.
- Antes de comenzar un experimento es recomendable anotar la fecha, hora, lugar y quienes participan en el experimento al inicio de éste y en todas las actividades. De ser posible, se deberán registrar la mayoría de las variables ambientales (presión atmosférica, temperatura, humedad relativa).
- La narrativa del experimento en la bitácora debe bastar al menos para entender qué se quería hacer, como se hizo, en qué condiciones se hizo, qué se obtuvo y qué se aprendió o descubrió. Una metodología de llenado propone las siguientes partes para redactar un experimento:

- A. Título
- B. Objetivos, metas o propósito
- C. Metodología
- D. Resultados
- E. Conclusiones

El título debe incluir el nombre dado al experimento o procedimiento, acompañado de los nombres de los participantes y la fecha en que se comenzó. La sección de objetivos, metas o propósito debe de explicar concisamente (en dos o tres oraciones) la razón para realizar el experimento, que se busca y como se realizará. La metodología describe detalladamente el procedimiento para realizar el experimento, usualmente se registran: (a) materiales, (b) equipo incluyendo las especificaciones más relevantes (sin olvidar la incertidumbre de los mismos), (c) diagramas de los arreglos a implementar o diagramas a bloques (d) métodos incluyendo cálculos, formulas y operaciones y (e) resultados teóricos. La sección de metodología deberá completarse antes de empezar el experimento. Los resultados deberán contener todas las tablas, gráficas y figuras obtenidas durante el experimento. Una buena práctica consiste en resumir al final de esta sección los resultados principales. Finalmente las conclusiones resumen todo lo aprendido, demostrado y descubierto durante el experimento. Es importante tratar de escribir las conclusiones justo al terminar el experimento pues es cuando se tiene un panorama más claro y completo de los resultados. La tabla 1 muestra el contenido sugerido de la sección metodología, mientras que la tabla 2 el de la sección de resultados. La tabla 3, contiene algunas sugerencias para elaborar conclusiones.

TABLA 1
Contenido sugerido para la Metodología

Subsección	Contenido
1. Objetivos	Razones para realizar el experimento
2. Referencias	Listado de la literatura consultada, con referencias al número de página
3. Materiales	Listado de componentes, cantidades, tipo o valor
4. Equipo	Descripción, número de serie, modelo, incertidumbre (del manual), rangos
5. Diagramas a bloques	Principales subsistemas del arreglo a implementar o del experimento a construir
6. Diagramas de alambrado	Diagramas esquemáticos de las conexiones necesarias para implementar un circuito necesario en el experimento
7. Procedimiento o método	Secuencia lógica de las operaciones y procesos a realizar para realizar el experimento. Si se requieren técnicas especiales, se deberán detallar.
8. Predicciones	En base al plan experimental y la teoría investigada que resultados se esperan (posteriormente se pueden confrontar con los resultados)

TABLA 2
Contenido sugerido para la sección de Resultados

Subsección	Contenido
1. Tablas	Resultados de las mediciones lo más completo posible. Utilizar una sola tabla para cada tipo de medición. Todas las columnas deberán estar identificadas con las unidades y en su caso incertidumbre. Es conveniente agregar notas adicionales sobre observaciones relevantes.
2. Gráficas	Una gráfica por cada tabla al menos. Cada gráfica deberá contener el nombre del experimento y la fecha. Los ejes deberán tener etiquetas y unidades. Si se conocen los errores máximos se deberán introducir barras de error.
3. Figuras	Diagramas que muestran observaciones relevantes del experimento. No es necesario ilustrar todos los aparatos, sólo aquellos que son novedosos. Los dibujos deben de ser simples.
4. Cálculos	Cálculos completos que llevan a los resultados finales. Los cálculos repetitivos se pueden incluir como tablas. Al realizar diferentes
5. Resumen de Resultados	Resumen de los resultados principales, una tabla adicional con los resultados relevantes

TABLA 3
Contenido sugerido para la sección de Conclusiones

¿ Se soporta la hipótesis inicial? ¿ Porqué?
¿ Qué incertidumbre tienen las mediciones?
¿ Se observaron errores en el procedimiento?
¿ Que sugerencias pueden mejorar el diseño experimental?
¿ Cómo se puede reducir el error?
¿ Qué hay que hacer después?
¿ Qué factores incrementan o decrementan la incertidumbre?
¿ Que tan consistentes son los resultados (desviación estándar, correlación) ?
¿ Cómo se comparan los resultados con los resultados conocidos y previos?

2.4 Información de Referencia

La última sección de la bitácora, contiene información de referencia que por su relevancia o conveniencia deba de ser incluida. Algunos ejemplos son las configuraciones de circuitos electrónicos, hojas técnicas y factores de conversión. Es recomendable reservar al menos un 10% de la bitácora para esta información (unas diez hojas), de las cuales se deberá reservar la primer página para abreviaturas y acrónimos. Al igual que las secciones previas deberá contener las referencias bibliográficas completas.

3. REFERENCIAS

- [1.] A. Rugarcia, *La Formación de Ingenieros*, Lupus Magister, México, 1997
- [2.] Kanare, Howard M: *Writing the Laboratory Notebook*. Washington D.C.: American Chemical Society, 1985. ISBN 0 8412 0933 2
- [3.] T.R. Collins, C.M. Burgeois, *Laboratory Workbook*, Georgia Institute of Technology, EE.UU., 2002.
- [4.] L.M. Martínez, *Taller de Instrumentos: Apuntes*, Universidad Iberoamericana, México, 2000.