



**30 años**

**INCALIN\_UNSAM-INTI**

**Evaluación de desempeño de productos en uso**  
**Análisis crítico del diseño de frenos de bicicletas**

Autora: D.I. María Victoria Díaz

Tutor: Dr. Joaquín Valdés

Mayo 2025



## Contenido

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción general.....                                                                           | 3  |
| Introducción a la primera parte .....                                                               | 4  |
| Contexto y partes interesadas .....                                                                 | 4  |
| Contexto Interno .....                                                                              | 5  |
| Contexto Externo .....                                                                              | 6  |
| Fortalezas y Debilidades .....                                                                      | 7  |
| Justificación.....                                                                                  | 7  |
| El ciclo PDCA en el Laboratorio de Usabilidad .....                                                 | 9  |
| Marco conceptual .....                                                                              | 9  |
| Usabilidad y cómo estudiarla.....                                                                   | 9  |
| Servicio actual del Laboratorio .....                                                               | 10 |
| Conclusiones de la primera parte.....                                                               | 16 |
| Introducción a la segunda parte .....                                                               | 17 |
| Objetivos del estudio.....                                                                          | 18 |
| Alcance del estudio .....                                                                           | 18 |
| Requisitos y métodos de ensayo aplicables a los sistemas de frenado de bicicletas.....              | 19 |
| Trabajo realizado por INTI Mecánica para verificar el cumplimiento de requisitos de bicicletas .... | 19 |
| Principio de funcionamiento de los frenos de una bicicleta.....                                     | 19 |
| Requisitos de los sistemas de freno de acuerdo con IRAM 40020 .....                                 | 20 |
| Métodos de ensayo en base a IRAM 40027-2 .....                                                      | 21 |
| El factor humano en el frenado de bicicletas .....                                                  | 25 |
| Dinámica de uso de las palancas de freno .....                                                      | 25 |
| Sobre los límites dimensionales y el ensayo previsto.....                                           | 26 |
| Sobre los límites dimensionales y el esquema/modelo previsto .....                                  | 26 |
| Sobre los límites dimensionales y la adecuación antropométrica .....                                | 28 |
| Sobre la aplicación de la fuerza a la palanca y el desempeño de frenado .....                       | 28 |
| Dedos radiales y cubitales.....                                                                     | 30 |
| Sobre la posición de la mano y el desempeño de frenado .....                                        | 31 |
| Conclusiones de la segunda parte .....                                                              | 32 |
| Conclusiones Generales.....                                                                         | 33 |
| Bibliografía .....                                                                                  | 34 |



## Introducción general

Este trabajo se organiza en dos partes. La primera describe la labor de la Dirección Técnica de Diseño Industrial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, particularmente el enfoque del Departamento de Experiencia de Usuario a la hora de evaluar productos en situación de uso en el Laboratorio de Usabilidad. La segunda se apoya en este enfoque para mostrar, a partir de una posible aplicación al caso de frenos de bicicletas, el potencial del cruce entre “factores humanos en diseño” y normas técnicas.



## Introducción a la primera parte

La Dirección Técnica de Diseño Industrial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (DTDI-INTI) acompaña a fabricantes en la incorporación del diseño a sus procesos de desarrollo. Particularmente, el Departamento de Experiencia de Usuario, que se ocupa de integrar factores humanos al diseño, trabaja diariamente para sumar capacidades en la valoración de un aspecto clave: *la usabilidad de los productos*.

Aunque el Departamento de Experiencia de Usuario no se encuentre dentro del alcance formal del Sistema de Gestión Integral del INTI (SIG-INTI), ni su incipiente Laboratorio de Usabilidad realice hoy calibraciones o ensayos, se cree oportuno que refuerce criterios de calidad, entendiendo que de esta manera agregará valor al servicio que se ofrece al cliente, alineándolo con sus expectativas.

Esta *primera parte* del trabajo pretende contextualizar y explicitar el enfoque con el que se realiza el estudio que se desarrolla en la *segunda parte*.

### Proceso “Evaluación de desempeño de productos en uso”



Diagrama de proceso principal actual del Laboratorio de Usabilidad.

## Contexto y partes interesadas

Para este trabajo se toma a la Dirección Técnica de Diseño Industrial (DTDI) como unidad de estudio dentro del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Esta dirección trabaja conforme a la misión y la visión del INTI<sup>1</sup>, siendo su propósito particular acompañar a la industria nacional, especialmente a las pymes, en la incorporación del diseño a sus procesos de desarrollo.

<sup>1</sup> **Misión:** Contribuir al desarrollo de la industria a través de la generación y la transferencia de tecnología, la certificación de procesos, productos y personas, y el aseguramiento de la calidad de los bienes y servicios producidos en todo el país.

**Visión:** Ser el instituto tecnológico que lidere la generación de innovaciones en la industria nacional, para el desarrollo productivo sostenible y el bienestar de la sociedad.



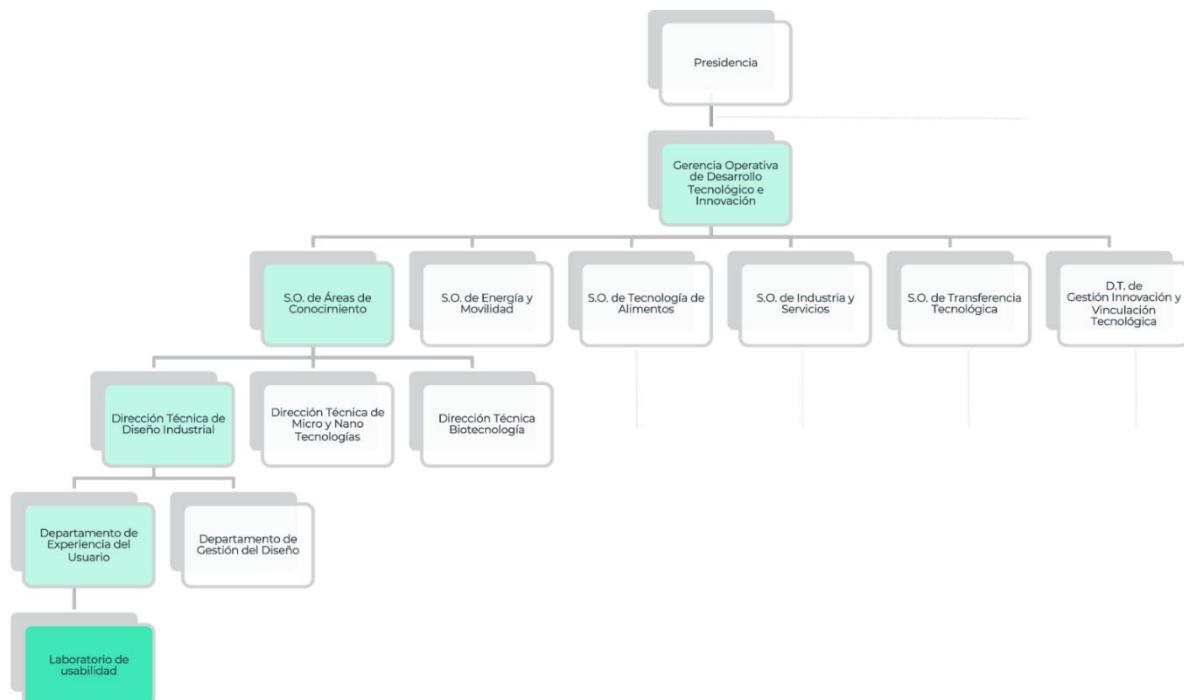
### Contexto Interno

La DTDI cuenta actualmente con un equipo multidisciplinario (diseñadores industriales, gráficos, textiles, biólogos, estudiantes de ingeniería industrial y administrativos) y se ordena en 2 departamentos: Departamento de Gestión de Diseño (DGD) y Departamento de Experiencia de Usuario (DEU). Este último alberga al Laboratorio de Usabilidad.



Diagrama contexto interno.

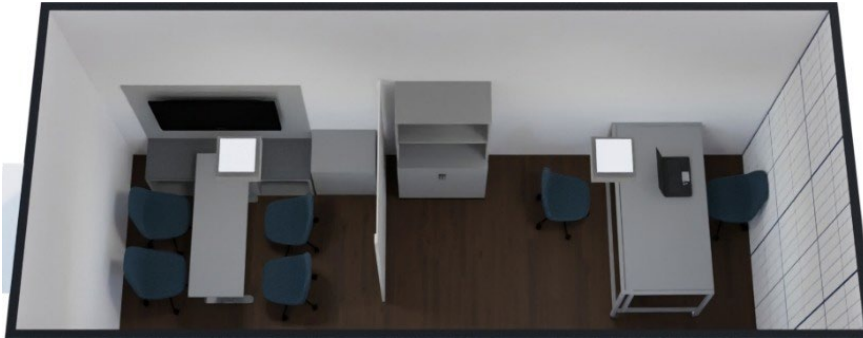
Si bien las actividades que se realizan en la DTDI apuntan al desarrollo industrial, muchas veces se apartan de las lógicas aplicables a los servicios sistematizados del INTI. Esto puede considerarse desventajoso a la hora de buscar apoyo o acompañamiento. Sin embargo, dentro de la Gerencia Operativa de Desarrollo Tecnológico e Innovación existen holguras (necesarias para llevar a cabo proyectos innovadores) que resultan compatibles con el proceso de diseño.



Fragmento del organigrama que permite ubicar el Laboratorio de Usabilidad dentro del instituto.



El Laboratorio de Usabilidad es la unidad desde la cual se brinda el servicio de “evaluación de desempeño de producto en uso”. Se trata de un tipo de consultoría que permite a los fabricantes obtener un diagnóstico respecto de cómo se comporta su producto cuando está en manos de sus usuarios y dentro del cual se detallan recomendaciones de mejora.



*Ilustración del espacio en donde funciona el Laboratorio de Usabilidad.*

## Contexto Externo

### *Clientes*

Como parte del contexto externo a considerar, se encuentran las organizaciones a las que el Departamento presta o podría prestar servicio (pymes, asociaciones, cámaras, universidades, organismos públicos, ONGs, etc.). Cabe destacar que entre ellas se evidencian distintos grados de sensibilización respecto de los temas de diseño en general y de usuarios en particular.

El DEU se orienta a sectores industriales dedicados a la manufactura de productos o prestación de servicios que requieran mejorar su desempeño en términos de usabilidad, accesibilidad o experiencia.

### *Beneficiarios*

Directos:

Fabricantes del producto.

Instituciones y organizaciones demandantes de los productos.

Indirectos:

Usuarios de los productos.

### *Competencia*

El Laboratorio de Usabilidad no es el único espacio para la evaluación de productos en el país. Existen estudios, consultoras y profesionales dedicados a esta actividad. Sin embargo, estos se orientan principalmente al testeo de productos completamente digitales (software, aplicaciones, web, etc.)

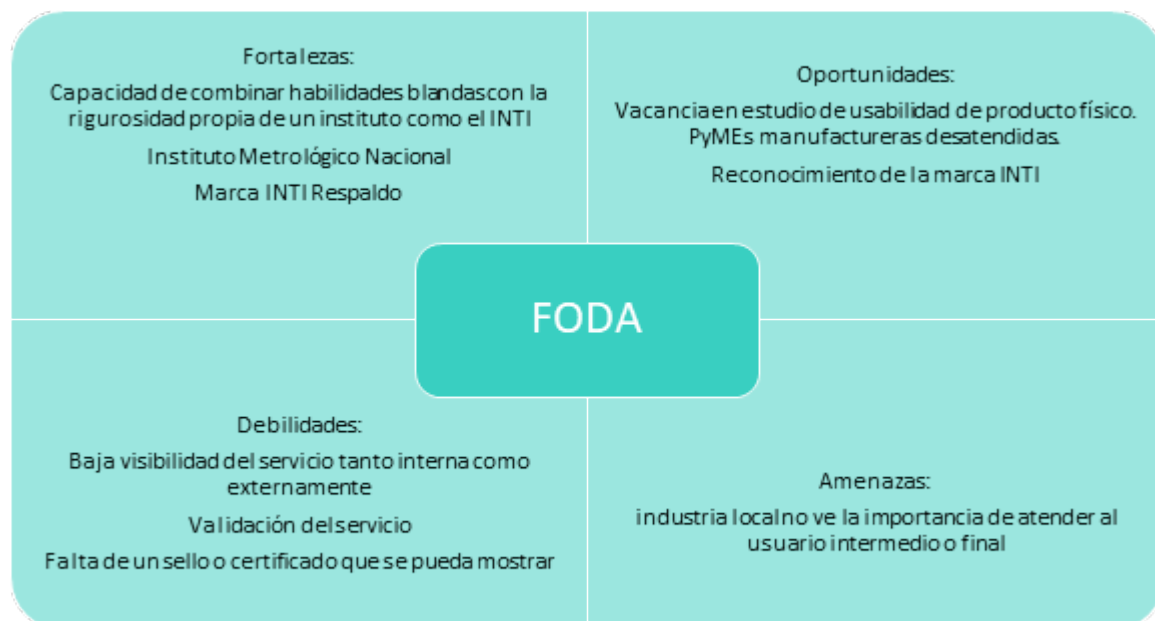
Para cumplir con su misión y aportar la mirada del diseño a la industria nacional, la DTDI ubica su actividad en proyectos que por su escala, sector o impacto resultan estratégicos.



No tiene como función competir con el sector privado: la DTDI brinda servicios que el sector privado no ofrece, pero que resultan valiosos para la industria. En este marco, el Laboratorio de Usabilidad genera la oferta de *evaluación de desempeño de productos en uso*.

Existen referentes a nivel nacional e internacional que tomamos como ejemplo. A nivel nacional, en el ámbito universitario, se destaca el Laboratorio de Experiencia de Usuario de la Universidad de Flores (LabEU-UFLO), que realiza actividades de investigación, transferencia y servicios en el área de la psicología cognitiva con foco en la usabilidad y accesibilidad de interfaces. También el Laboratorio de Experiencia de Usuario de la Universidad de Rafaela (LABUX-UNRaf). A nivel internacional existen varios actores que resultan inspiradores: Laboratorio de Usabilidad de La Salle de la Universidad Ramón Llull, Laboratorio de Usabilidad de la Universidad Nacional de Colombia, Laboratorio de Pruebas de Producto y Usabilidad de la Pontificia Universidad Javeriana, Laboratorio de Usabilidad, Diseño Inclusivo y Accesibilidad del Basque Digital Innovation Hub (BDIH), entre otros.

## Fortalezas y Debilidades



Herramienta de análisis FODA del Laboratorio de Usabilidad.

## Justificación

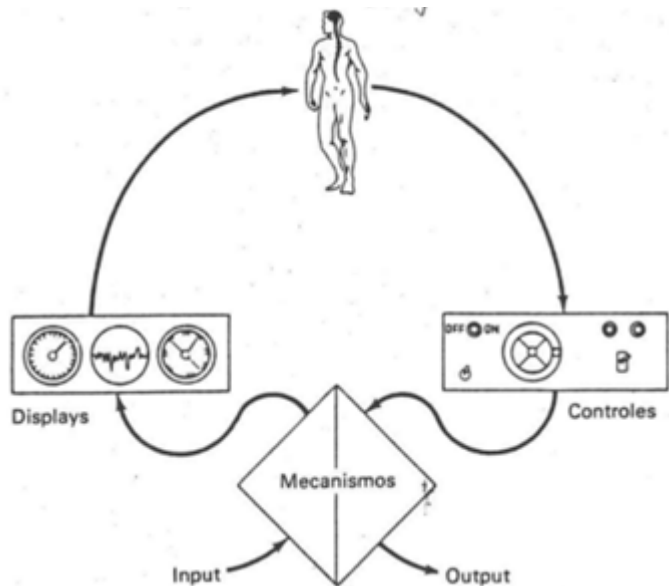
*“Las decisiones basadas en el análisis y la evaluación de datos e información tienen mayor probabilidad de producir resultados deseados.”* ISO 9000:2015

Para que un producto esté al servicio de las personas es necesario que estas sean tenidas en cuenta a lo largo de todo el proceso de diseño.



*Proceso de Diseño según R.J. Ramírez en "Guía de buenas prácticas de diseño" (2012).*

La evaluación de desempeño de productos en uso —que es aplicable en instancias avanzadas de dicho proceso o cuando este ha finalizado— se lleva a cabo para comprender cómo el producto en cuestión contempla el factor humano <sup>2</sup>. Parte de la idea de que **el conjunto usuario-producto es un sistema**. Los dos macroelementos que lo componen, el humano y el artefacto, tienen una diferencia clave para el análisis: sobre uno de ellos se tiene control, sobre el otro no.



*Figura: Sistema persona máquina según Ernest McCormick en el Libro "Ergonomía" (1980).*

<sup>2</sup> Si bien la consideración de la persona tiene una razón más primigenia, relacionada con la necesidad que da sentido a un producto, en este trabajo solamente se atiende la evaluación que permite caracterizar en qué medida el producto logra prestar su función cuando entra en juego el factor humano y no en qué medida satisface una necesidad.



El factor humano, sobre el que no se tiene control, termina también afectando a la performance del sistema. Es por ello que debe ser estudiado y considerado en el diseño del producto.

**No alcanza con que el artefacto funcione bien en la fábrica, si funciona mal en manos del usuario.** El rol del diseño es fundamental para el éxito de la relación usuario-producto. Esta se puede analizar y modelar considerando distintos aspectos: físico, cognitivo, sensorial, emocional, etc. Atender a esta relación, no solo responde a fines estéticos o comerciales, sino que también es totalmente necesario para prevenir el uso incorrecto o inseguro de determinados dispositivos.

## El ciclo PDCA en el Laboratorio de Usabilidad

El ciclo de Deming o ciclo PDCA (por sus siglas en inglés *Plan-Do-Check-Act*) es un enfoque iterativo de cuatro etapas para mejorar continuamente los procesos, productos o servicios. El servicio que el Laboratorio de Usabilidad brinda supone en sí mismo la idea de la mejora continua para el cliente, entregándole un informe (*Check*) que posteriormente dará lugar a la acción correctiva (*Act*).



Figura: ciclo PDCA

Pero a su vez el servicio es plausible de ser abordado bajo esta lupa. Entonces, **¿Cuáles son las oportunidades de mejora dentro del Laboratorio de Usabilidad?**

## Marco conceptual

### Usabilidad y cómo estudiarla

Uno de los atributos más determinantes en la relación usuario-producto es su usabilidad<sup>3</sup>: «La usabilidad representa el grado en el que el usuario puede explotar la utilidad». Es la cua-

---

<sup>3</sup> La norma ISO 9241-11 define usabilidad como "el grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr los objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso".

alidad que se le atribuye a un producto “*fácil de usar*”. La usabilidad es susceptible de ser estudiada y evaluada, puede determinar el éxito o fracaso de un producto y debería ser seriamente tomada en cuenta en todo diseño.

### Servicio actual del Laboratorio

El proceso principal del Laboratorio de Usabilidad<sup>4</sup> (evaluación de desempeño de producto en uso) tiene como eje la de la caracterización de la usabilidad. Mediante este proceso se brinda servicio a fabricantes para que puedan considerar la usabilidad en el diseño de sus productos.

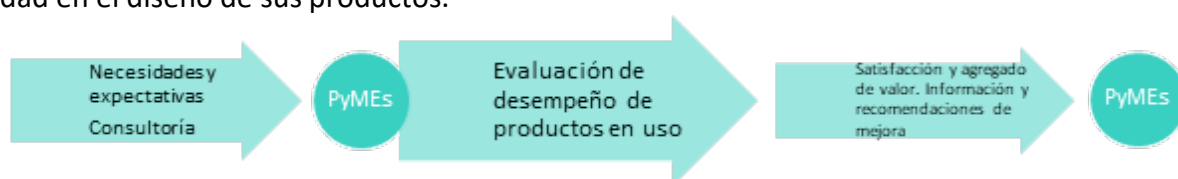


Figura: proceso principal del Laboratorio de Usabilidad.

### Objetivos del proceso

1. Hallar problemas de uso en productos.
2. Detectar y caracterizar errores en el uso: los que impiden la tarea, los que retrasan la tarea, los que dificultan la tarea, los que generan frustración o incertidumbre al usuario, los que afectan a la seguridad de la operación y/o al resultado.
3. Determinar a qué características del producto se puede atribuir cada problema.
4. Encontrar posibles soluciones, recomendaciones tanto particulares como generales.

### Metodología

La metodología se construyó en base a la experiencia del laboratorio en el estudio de casos y considerando algunos puntos de la ISO/TS 20282.

Se siguen los siguientes pasos:



Figura: pasos para la evaluación.

<sup>4</sup> Se omiten pasos relativos al manejo administrativo, como por ejemplo apertura de orden de trabajo, facturación, etc.



### *Recepción de muestras*

#### **Descripción general**

Se solicita al fabricante una cantidad de muestras del producto a probar. Las muestras deben estar debidamente identificadas. Si se trata de prototipos, se deben considerar las diferencias respecto del producto terminado.

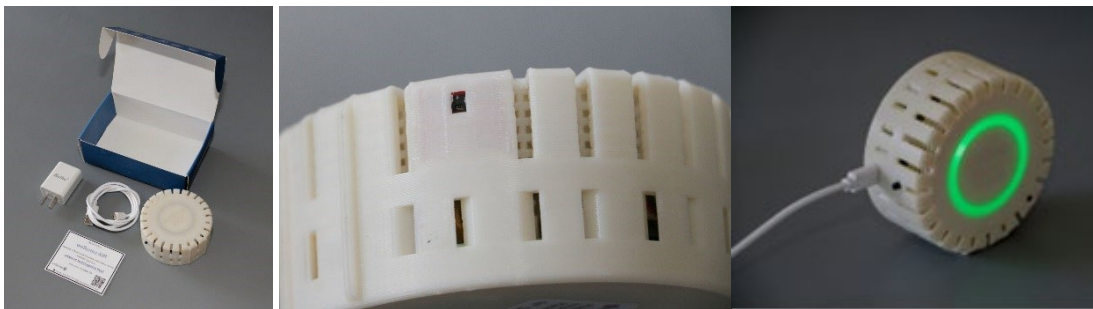
### *Descripción del producto*

#### **Descripción general**

Se debe identificar el producto que se va a probar, la versión específica de la que se trata y, si corresponde, la organización responsable de la prestación del servicio soportado por el producto.

#### **Registro fotográfico**

Se debe registrar el producto para ilustrar acabadamente todos los elementos y partes que lo componen, incluyendo embalaje y accesorios.



*Figura: imágenes registro de muestra sensor de dióxido de carbono.*

#### **Contexto y características ambientales de uso esperado**

Se deben conocer las condiciones particulares en las que un producto, será utilizado. Tareas, equipamiento (*hardware*, *software* y materiales) previstos. Además, resulta importante considerar aspectos del entorno social, físico y ambiental (temperatura, iluminación, ruido) que puedan tener efectos sobre los resultados.



*Figura: prueba de monopatín fuera de laboratorio (pista de pruebas PTM).*



Es esperable probar el producto en un entorno que se asemeje al de uso real. Si se prueba en laboratorio, se deben simular las condiciones normales de uso. Si se prueba en campo, se debe registrar cualquier variación en las condiciones ambientales relevantes.

### **Objetivos de uso del producto (función o funciones que debe cumplir).**

Se deben identificar todas las funciones sobre la base de la información facilitada por el fabricante. Esto incluirá los objetivos de los usuarios más frecuentes y/o importantes para los que el producto está destinado.

### **Reconocimiento de las tareas**

Los productos en general proponen una secuencia de uso que incluye *desembalaje, instalación, uso* (con distintas funcionalidades, adaptaciones y preferencias), *mantenimiento, reparación, descarte*, etc. Esto implica una cantidad de tareas que se deben identificar para el análisis. Puede basarse en información provista por el fabricante.

### **Grupos de usuarios reales o previstos**

Se deben identificar los perfiles de *usuarios reales* del producto, si está en uso y se conocen, o de lo contrario identificar los grupos de *usuarios previstos* (sobre la base de la información facilitada por el fabricante).

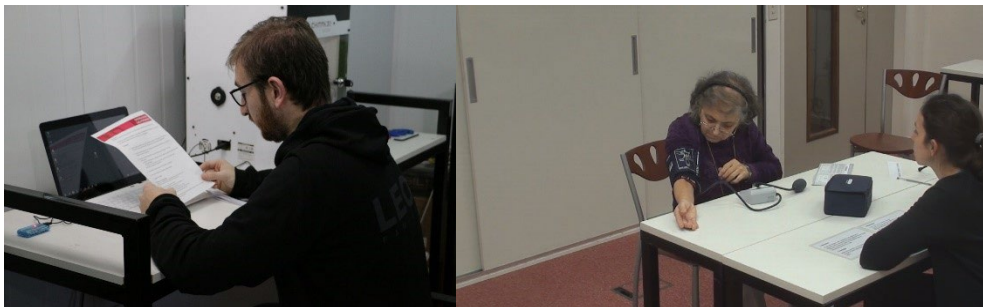


Figura: usuarios de perfiles diferentes. Izquierda: impresora 3d; derecha: esfigmomanómetro.

La correcta identificación del perfil es esencial para poder reconocer y corregir problemas de usabilidad, así como para detectar oportunidades de mejora reales. Esto no sólo es clave para una prestación de servicio eficiente, sino para poder mejorar la calidad del producto evaluado.

### **Inspección realizada por profesionales de diseño**

Profesionales de diseño deben realizar una inspección preliminar que se ordena atendiendo a distintas variables que suelen presentarse en la mayoría de los productos: adecuación antropométrica (forma y dimensión), accesibilidad, ubicación relativa de elementos, materialidad, peso, fuerza, habilidad y conocimientos requeridos.

Esta instancia es complementaria de las “prueba con usuarios”.



Figura: inspección preliminar monopatín eléctrico.



Figura: inspección preliminar bicicleta eléctrica.

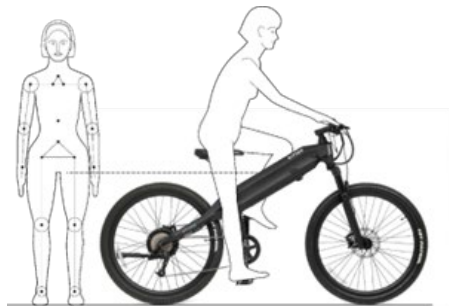


Figura: inspección preliminar bicicleta eléctrica.  
Mujer percentil 50° - Estatura 1620

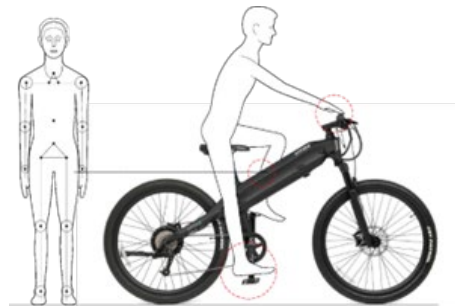


Figura: inspección preliminar bicicleta eléctrica.  
Hombre percentil 1° - Estatura 1590

### Evaluación de la información

#### Descripción general

Un abordaje importante del producto se orienta a la identificación de la información al consumidor/usuario. Se realiza una revisión de aquellos datos que deben estar presentes en el embalaje, en las instrucciones o marcados en el propio producto. De cada ítem detectado como relevante se verifica su presencia (se revisa que la información esté disponible en los soportes en los que se la exige o espera encontrar) y su legibilidad (se valora la forma en que la información es presentada en base a las características que presenta la pieza de comunicación).

Cada dato buscado se categoriza como obligatorio o complementario:

#### Obligatorios

Datos que, de acuerdo con leyes, decretos, decisiones administrativas, resoluciones y disposiciones deben estar presentes (se suelen incluir la Ley 22.802 de Lealtad Comercial, la Ley



26.361 de Defensa del Consumidor, la Ley 19.511 de Metrología y normas reglamentarias si hubiera).

#### *Complementarios*

Datos que recomiendan las normas, guías o documentos de referencia. Si bien no tienen carácter obligatorio, en ocasiones pueden contribuir a proteger la salud y seguridad facilitando el uso del producto.



*Figura: ejemplo análisis de información requerida en envase*

#### *Pruebas con usuarios (evaluación de usabilidad)*

Se trata de situaciones de uso programadas que se observan para hallar fallas en la usabilidad de un producto.

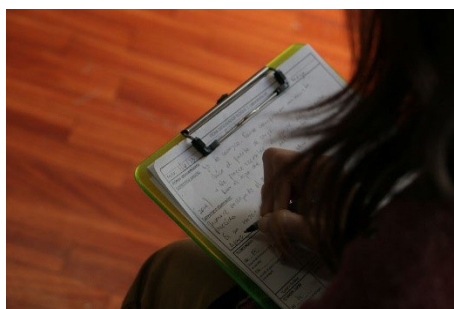
Durante las pruebas, participantes voluntarios llevan a cabo **tareas específicas** en base a una consigna, para alcanzar los objetivos de uso del producto analizado.

Las pruebas con usuarios suponen al menos 3 roles:

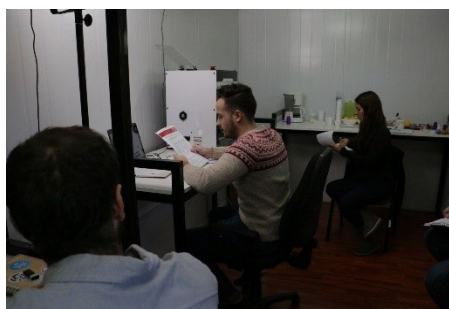
**Participante** (voluntario externo): usuarios o potenciales usuarios reclutados para participar en la evaluación de usabilidad.

**Observador** (es parte del equipo evaluador): persona que observa el comportamiento de los participantes al momento de resolver las tareas. Pueden cumplir ese rol especialista en usabilidad o invitados entrenados.

**Moderador** (es parte del equipo evaluador): persona que dirige la prueba. Es quien guía y apoya al participante para que se sienta cómodo en la ejecución de las tareas. Especialistas en usabilidad o psicólogos pueden cumplir ese rol.



*Figura: observadora tomando nota en prueba con usuarios*



*Figura: observador, participante y moderadora en prueba de impresora 3d*



Las pruebas permiten apreciar en la relación usuario producto, los tres aspectos que hacen a la usabilidad: efectividad, eficiencia y satisfacción.

- La **efectividad** depende de que el producto sea capaz de prestar la función o las funciones previstas cuando el usuario lo opera. Para estudiarla se considera la tasa de éxito/fracaso de cada tarea que realizan los participantes.
- La **eficiencia** depende de los recursos que el usuario debe emplear para llevar a cabo las tareas y de los errores que pueda cometer antes de lograr el objetivo.
- La **satisfacción** es una variable subjetiva y cualitativa pero que también se considera para caracterizar el desempeño en el uso.

#### *Redacción del informe técnico*

Los informes que realiza el laboratorio tienen como destinatario al fabricante y su equipo de desarrollo. Se trata de un documento con un detalle de la metodología empleada, resultados, análisis y recomendaciones.

Las recomendaciones nunca son ajenas a la realidad de la empresa y se expresan como:

- A corto plazo (involucran cambios en los manuales, aplicaciones o indicaciones para la atención de reclamos).
- A mediano plazo (involucran cambios en componentes genéricos, accesorios, firmware, etc.)
- A largo plazo (son recomendaciones que se pueden aplicar para desarrollo de nuevos productos).



## Conclusiones de la primera parte

Tal como quedó expuesto en la primera parte de este trabajo, el Departamento de Experiencia de Usuario aborda el estudio de desempeño de los productos cuando estos están siendo utilizados. El Laboratorio de Usabilidad lleva años ofreciendo a las empresas acompañamiento en el diseño de productos usables y accesibles. Los informes de “evaluación de desempeño de productos en uso” que entrega, sirven a los fabricantes para diseñar una mejor experiencia de usuario.

Las normas que muchas veces modelan y delimitan el diseño en favor de la salud y la seguridad, podrían no estar atendiendo a algunas características humanas, perjudicando la efectividad, eficiencia y satisfacción en la relación usuario producto.

La segunda parte de este trabajo estudia una posible aplicación de los factores humanos en diseño, tomando por caso los frenos de bicicletas para observar de manera crítica los límites establecidos por el marco regulatorio vigente.

¿Puede el diseño enfocado en factores humanos realizar un aporte en a la construcción de dichos límites?



## Introducción a la segunda parte

La Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa estableció en el año 2003, a partir de la resolución 220, un régimen de certificación obligatoria de requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de bicicletas conforme a las definiciones de la Norma IRAM 40020.

El INTI, de acuerdo con su rol de apoyo a la industria nacional y priorizando dentro de su oferta aquella destinada a la seguridad, incorporó el servicio de asesoramiento, ensayos y certificación para este tipo de vehículos.

Las bicicletas son un medio de transporte sostenible, económico y saludable que se utiliza en todo el mundo. La seguridad en el uso es un aspecto crucial que merece atención tanto de fabricantes como de usuarios y reguladores para prevenir accidentes y proteger la vida. Aunque normas como la IRAM 40020 establecen criterios para evaluar el desempeño en aspectos técnicos que afectan a la seguridad, ¿es posible adoptar una visión más amplia que incorpore el factor humano como variable importante a considerar?

Uno de los aspectos clave para la seguridad es el desempeño de frenado.

En esta segunda parte del trabajo se estudiarán los requisitos de los sistemas de frenado de bicicletas para adultos y los respectivos métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. A partir los conocimientos y experiencia del DEU en el tema usabilidad, se buscará comprender sus implicancias sobre la la seguridad de las personas y los bienes, se espera hallar oportunidades de mejora para el diseño y evaluación de este tipo de vehículos que incluyan el factor humano de manera práctica.

*Agradecimiento a G. Maceira y M. Ibba, quienes amablemente brindaron un poco de su tiempo para enseñar el trabajo que realizan diariamente ensayando bicicletas en el laboratorio de INTI Mecánica.*



## Objetivos del estudio

- Describir y valorar los requisitos de los sistemas de freno de bicicletas de uso público y métodos de ensayo utilizados para verificar su cumplimiento.
- Descubrir aspectos que no son contemplados por las normas aplicables y que son relevantes para la seguridad de frenado.
- Proponer límites y métodos que podrían servir como complemento para incorporar el factor humano de manera práctica en el cuidado de la seguridad de este tipo de vehículo.

## Alcance del estudio

Requisitos de los sistemas de freno de bicicletas de uso público en las que el asiento puede ajustarse a una altura de 635 mm o más.

Sin desconocer la variedad, con ánimo de profundizar y ejemplificar, se enfocará este trabajo en bicicletas tipo **city and trekking**<sup>5</sup>, con frenos de accionamiento manual **V brake** y **palancas tipo A**.

Respecto de los requisitos y ensayos, se estudiarán aquellos relativos a **aspectos dimensionales de las palancas** y al **desempeño de frenado en pista**.

---

<sup>5</sup> Las bicicletas tipo *city and trekking* son aquellas diseñadas para uso en la vía pública como medio de transporte o paseo.



## Requisitos y métodos de ensayo aplicables a los sistemas de frenado de bicicletas

Trabajo realizado por INTI Mecánica para verificar el cumplimiento de requisitos de bicicletas

El Departamento de Procesos de Mecanizado y Conformado del INTI es el responsable de llevar adelante todos los ensayos que exige la norma para que una bicicleta pueda certificarse y comercializarse en Argentina. Sus capacidades se desarrollaron a partir de los lineamientos que, a principios de los años 2000, establecieron como estratégica la reglamentación para la comercialización de este tipo de vehículos en el país.

Desde entonces acompaña a fabricantes del sector, brindando un servicio integral que al mismo tiempo protege la industria nacional y la seguridad de los usuarios.

### Principio de funcionamiento de los frenos de una bicicleta

Los mecanismos y las configuraciones de los frenos de accionamiento manual pueden variar en cada modelo, pero el principio de funcionamiento siempre es la desaceleración por fricción entre las pastillas de freno y las llantas a partir de la fuerza aplicada sobre las palancas ubicadas a cada lado del manillar.<sup>6</sup>



Imagen ilustrativa: ajuste de sistema de freno. Obtenida en 12/8/24  
<https://pedalia.cc/ajustar-tus-frenos-v-brake-7-pasos/>

---

<sup>6</sup> Existen sistemas en los que la fricción se realiza sobre un disco.



Imagen ilustrativa: partes de sistema de freno. Obtenida en 12/8/24 [en tienda de comercio electrónico](#)

### **Accionamiento de la palanca**

Al apretar manualmente las palancas de freno ubicadas a cada lado del manillar, se tira de los cables de acero.

### **Transmisión de fuerza**

Estos cables, que están montados en la horquilla de la bicicleta (para el freno delantero) o en el cuadro (para el freno trasero), transmiten la fuerza desde las palancas hasta los brazos de freno.

### **Movimiento de los brazos de freno**

Cuando el cable se tensa, los brazos de freno se mueven hacia adentro.

### **Contacto con la llanta**

Los brazos de freno tienen pastillas en sus extremos. Al moverse hacia adentro, presionan contra los lados de las llantas.

### **Fricción y desaceleración**

La fricción entre las pastillas y las llantas genera una fuerza que desacelera las ruedas, deteniendo la bicicleta.

## **Requisitos de los sistemas de freno de acuerdo con IRAM 40020**

El punto 4.5 de la norma IRAM 40020:2017 se refiere a los requisitos de seguridad de los frenos de las bicicletas.

Entre otros, se destacan los siguientes límites para el diseño:

- Debe poseer dos sistemas de freno independientes, como mínimo. Al menos uno debe operar en la rueda delantera y otro en la trasera.
- Los extremos de los cables deben protegerse con una cápsula que debe soportar una fuerza de extracción de 20 N.
- Los patines y pastillas de freno deben fijarse en forma segura a la zapata.
- Cada freno debe estar equipado con un mecanismo de ajuste, para lograr una posición de operación eficiente, hasta que el material de fricción se haya desgastado y



requiera su reemplazo. El material de fricción no debe entrar en contacto con ningún otro elemento que no sea la superficie de frenado prevista.

- Los frenos que se operan manualmente deben ubicarse en los costados del manubrio respetando las medidas propuestas para cada tipo. En las palancas de tipo A, la cota entre las superficies exteriores de la palanca y el manubrio debe tener un valor mayor a 40 mm y menor a 90 mm.
- Las bicicletas al ensayarse en pista deben cumplir con las distancias de frenado establecidas en la tabla provista por la norma.

| Tipo de bicicleta    | Condición | Velocidad (km/h) | Freno utilizado | Dist. frenado corregida <sup>7</sup> (m) |
|----------------------|-----------|------------------|-----------------|------------------------------------------|
| City and trekking    | Seca      | 25               | Ambos           | 7                                        |
| City and trekking    | Húmeda    | 16               | Ambos           | 5                                        |
| Para adultos jóvenes | Seca      | 25               | Ambos           | 7                                        |
| Para adultos jóvenes | Húmeda    | 16               | Ambos           | 5                                        |
| Todo terreno         | Seca      | 25               | Ambos           | 6                                        |
| Todo terreno         | Húmeda    | 16               | Ambos           | 5                                        |
| Ruta                 | Seca      | 25               | Ambos           | 6                                        |
| Ruta                 | Húmeda    | 16               | Ambos           | 5                                        |

Los dos últimos requisitos mencionados son de interés por su estrecha relación con el factor humano, motivo por el cual se analizarán particularmente junto con los ensayos respectivos.

#### Métodos de ensayo en base a IRAM 40027-2

El laboratorio de INTI Mecánica cuenta con las capacidades para realizar todos los ensayos que exige la norma (salvo el de ftalatos).

La verificación de requisitos respecto del sistema de frenos debe realizarse de acuerdo a la norma IRAM 40027-2. Las condiciones generales y precisión exigida para dichos ensayos se establecen en la 40027-1.

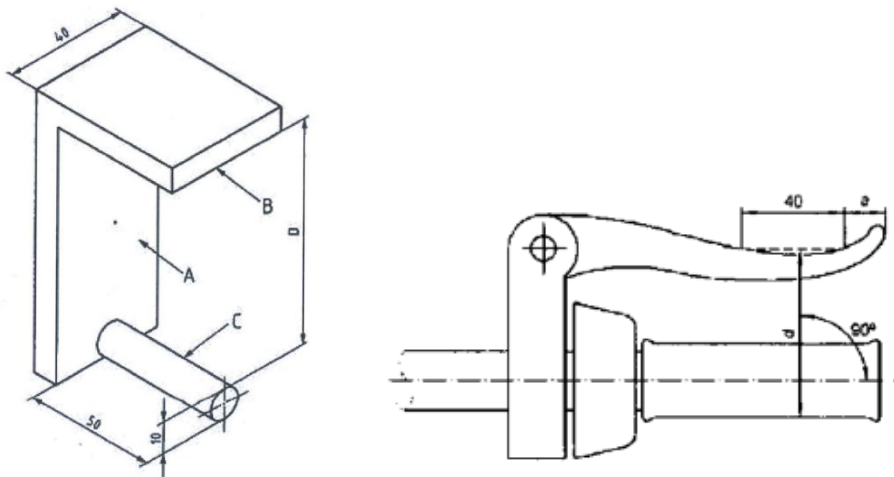
#### Ensayo para verificar la medida de la palanca de freno

De acuerdo con la norma, la cota entre las superficies exteriores de la palanca y el manubrio debe tener un valor **mayor o igual a 40 mm y menor o igual a 90 mm**. En caso de que el manubrio esté revestido con un puño, debe considerarse en la medida como parte del manubrio. Si bien las secciones de los puños no están definidas por norma, suelen variar muy poco entre modelos, así el cumplimiento del requisito depende principalmente de la morfología y ajuste del ángulo de la palanca del freno.

---

<sup>7</sup> La distancia se corrige conforme a lo establecido por la norma, resolviendo la fórmula que considera la velocidad real.

Para ensayar las palancas tipo A se ubica un dispositivo (ver figura) sobre el puño y sobre la palanca de freno (ver figura), de modo que la cara A del dispositivo haga contacto con el puño y con el costado de la palanca. La cara B del dispositivo debe abarcar la parte de la palanca destinada al contacto con los dedos del ciclista y **sin que el dispositivo cause movimiento de la palanca** hacia el puño. Se mide la distancia a (ver figura) entre el extremo de la palanca y el último punto destinado al contacto con los dedos. La medición se efectúa sobre una bicicleta totalmente armada.



Figuras extraídas de la norma para ensayos de frenos de bicicletas

|                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| La medida de D en los dispositivos para ensayar las palancas de tipo A es de 90 mm |
|------------------------------------------------------------------------------------|

### Ensayo para verificar desempeño de frenado

La norma ofrece dos métodos para determinar el desempeño del frenado: *en máquina* o *en pista*. El método en pista (que se realiza en INTI) especifica que:

- debe prestarse especial atención a las condiciones ambientales.
- La pendiente de la pista debe ser menor o igual a 0,5%, teniendo en cuenta que:
  - a) si la pendiente es menor que 0,2% todas las pruebas se realizan en el mismo sentido;
  - b) si la pendiente está comprendida entre 0,2% y 0,5% las pruebas se realizan, en forma alternada, en sentidos opuestos.
- La superficie de la pista debe ser dura y estar limpia. El coeficiente de fricción mínimo entre la superficie seca y la cubierta debe ser 0,75.
- La pista debe estar seca al comenzar los ensayos.
- La velocidad del viento debe ser menor o igual a 3 m/s.

**La prueba en pista seca:** El ciclista debe alcanzar la velocidad de 25 km/h, dejar de pedalear y luego aplicar los frenos. La bicicleta debe detenerse en forma serena y segura.



**Prueba en pista húmeda:** El ciclista debe alcanzar la velocidad de 16 km/h, dejar de pedalear y luego aplicar los frenos. El humedecimiento de los sistemas de freno debe iniciarse a una distancia igual o mayor que 25 m antes de la aplicación de los frenos y debe continuar hasta que la bicicleta se detenga.

Para realizar estos ensayos la bicicleta debe equiparse con:

- a) velocímetro, con una precisión de  $\pm 5\%$ , para indicar al ciclista la velocidad aproximada al comienzo del frenado;
- b) registrador de velocidad, con una precisión de  $\pm 2\%$ , para registrar la velocidad al comienzo del frenado;
- c) dispositivo de registro de distancia, con una precisión de  $\pm 1\%$ , para registrar la distancia de frenado;
- d) sistema rociador de agua, para humedecer las superficies de frenado;
- e) indicador de actuación del freno, para registrar en forma independiente cuándo es operado cada freno.

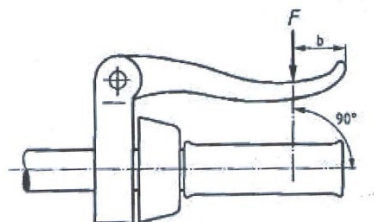
La masa combinada de la bicicleta, el ciclista y el instrumental debe ser de  $(100 \pm 1)$  kg.

Cuando se realizan ensayos en condiciones húmedas, debido al consumo de agua durante los ensayos, la masa combinada de la bicicleta, ciclista e instrumental, al final de los ensayos, debe ser como mínimo, de 99 kg.

Si un fabricante especifica que su bicicleta puede llevar una masa tal que la masa combinada sea mayor que 100 kg, la bicicleta debe ensayarse con esa mayor masa total.

Toda masa extra debe ubicarse encima de la rueda trasera y delante del eje trasero.

- a) **Magnitud y posición de fuerza:** se aplica una fuerza menor o igual a 180 N en el punto indicado en la figura.



*Punto de aplicación de la fuerza según esquema  
previsto por la norma*

De acuerdo a lo relevado, para el ensayo en INTI se limita el recorrido de la palanca colocando un “tope” de modo tal que la fuerza aplicada por el ciclista en pista no exceda lo establecido por norma (180 N).

### Características del frenado suave y seguro

La bicicleta debe mostrar un frenado suave y seguro teniendo en cuenta el uso previsto según el tipo de bicicleta y el ciclista esperado para ella. Un frenado suave y seguro no debe presentar ninguno de los eventos siguientes:

1. Excesiva trepidación.



2. Bloqueo de la rueda delantera.
3. Vuelco de la bicicleta (la rueda trasera se levanta en forma incontrolable).
4. El ciclista pierde el control.
5. Excesivo deslizamiento lateral que cause que el ciclista deba colocar sus pies en el suelo para mantener el control.
6. En algunos tipos de sistemas de freno, no es posible evitar completamente el deslizamiento de la rueda trasera durante el frenado; en estos casos, ello se considera aceptable siempre que lo indicado en 4) o 5) no ocurra como el resultado final.

Se considera que el desempeño de frenado es aceptable si:

- al aplicar 180 N en las palancas, la bicicleta que se desplaza a 25 km/h en pista seca logra detenerse en 7 m o menos.

Y

- al aplicar 180 N en las palancas, la bicicleta que se desplaza a 16 km/h en pista húmeda logra detenerse en 5 m o menos.

Hasta aquí, se han descripto algunos requisitos y ensayos aplicables a bicicletas tipo *city and trekking*, con frenos de accionamiento manual *V brake* y palancas tipo A.



## El factor humano en el frenado de bicicletas

La simple observación de la situación real de uso permite apreciar distintas actitudes corporales frente a la bicicleta. Las dimensiones, capacidades y circunstancias varían significativamente entre sus usuarios.

Esta variabilidad también alcanza a la situación de frenado:

- La relación dimensional entre la mano y el sistema.
- La capacidad de fuerza y los metros requeridos para frenar.
- La cantidad de dedos empleados.
- Las posiciones de la mano antes y durante el frenado.

Las normas establecen límites para que, a pesar de las diferencias entre los usuarios, la mayoría de las personas pueda usar el producto de manera efectiva, eficiente y segura. Los fabricantes, le dan forma a su producto dentro de esos límites.

En los puntos siguientes se observa de qué manera los requisitos y ensayos reglamentarios “modelan” la relación usuario producto.

### Dinámica de uso de las palancas de freno

La palanca tipo A, alcanzada por este análisis, corresponde a uno de los diseños más frecuentes en el mercado<sup>8</sup>. Para frenar, la mano se posiciona ubicando el pulgar por debajo del manillar y los demás dedos por encima de la palanca. Al flexionarlos la palanca gira aproximándose al manillar mientras tira de los cables.



Palanca tipo A en uso. Imagen extraída de : <https://bicihack.com/blog/ti-pos-frenos-bicicletas/> 2/7/24

Se asume que los límites dimensionales y de fuerza que prevé la norma están pensados para maximizar la capacidad de los usuarios al aplicar los frenos.

---

<sup>8</sup> Se destaca que, aun correspondiéndose con palanca tipo A, los modelos actuales difieren mucho del esquema, como se verá más adelante



### Sobre los límites dimensionales y el ensayo previsto

Como ya se describió, el requisito dimensional indica que la distancia entre las superficies exteriores de la palanca y el manubrio debe ser **mayor o igual a 40 mm y menor o igual a 90 mm**. Este requisito se ensaya con un “calibre pasa no pasa” que permite verificar que la distancia entre las superficies exteriores de la palanca y el manubrio no supere los 90 mm.

Una primera observación sobre el ensayo previsto en la norma es que no se encuentra una forma completa de verificar el cumplimiento del requisito, ya que solo propone un calibre para la medida máxima y no para la mínima de 40 mm.

### Sobre los límites dimensionales y el esquema/modelo previsto

Al margen de la falta de ensayo para la medida mínima, se pone en consideración el estudio del rango: a partir del esquema provisto por la norma, se “evalúan gráficamente” posiciones de los elementos del conjunto en los que se verifiquen los límites máximos y mínimos, sin alterar sus dimensiones.

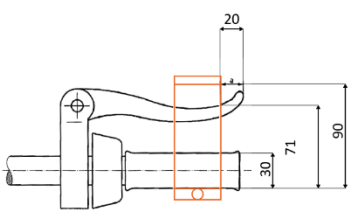
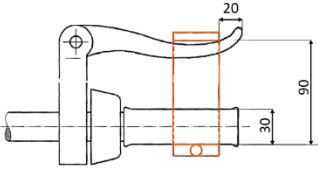
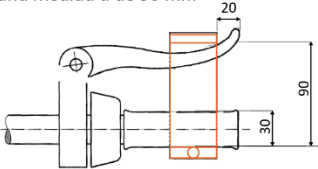
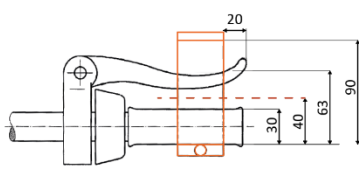
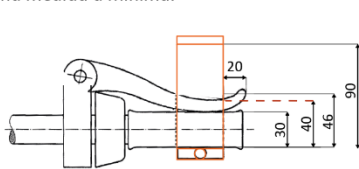
| Esquema original                                                                                                                                             | d = 90 (máximo)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | d = 40 (mínimo)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Esquema que considera un puño de 30 mm y la distancia “a” de 20mm</p>  | <p>Configuración resultante alejando el eje de giro de la palanca para lograr una medida d de 90 mm</p>  <p>Configuración resultante al modificar el ángulo de ajuste de la palanca para lograr una medida d de 90 mm</p>  | <p>Configuración resultante acercando el eje de giro de la palanca para lograr una medida d mínima</p>  <p>Configuración resultante al modificar el ángulo de ajuste de la palanca para lograr una medida d mínima.</p>  |

Tabla: Evaluación gráfica de posiciones de la palanca en base al esquema propuesto por la norma, considerando un puño de 30 mm de diámetro exterior

Del estudio de estos gráficos se puede deducir que:

- La morfología y disposición del esquema de la norma cumple con el requisito dimensional.



- Es posible alcanzar la cota máxima, alejando el eje o ajustando el ángulo de la palanca.
- En el intento de alcanzar la cota de 40 mm acercando el eje de giro de la palanca al eje del puño, la propia estructura impediría un acercamiento tal que la cota fuera menor a 63 mm.
- Si además de acercar el eje, se ajustara el ángulo para que la posición de descanso mantuviera la palanca más próxima al puño, se podría alcanzar una cota de 46 mm como mínimo (como haría contacto con el puño, perdería su funcionalidad).

Entonces el modelo que ilustra la norma no permitiría alcanzar la medida mínima. Debería considerarse una configuración o morfología diferente para que una distancia de 40 mm resulte posible y funcional.

Si bien esta evaluación gráfica no es un uso previsto del esquema, da lugar a reflexionar sobre cuáles son los requisitos respecto de la accesibilidad de la palanca de freno y su funcionamiento.

Sabiendo que existen en el mercado actual otros modelos, se toma un ejemplo para realizar el mismo ejercicio, modificando posiciones de los elementos del conjunto en los que se verifiquen los límites máximos y mínimos, sin alterar sus dimensiones.

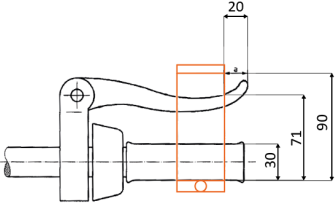
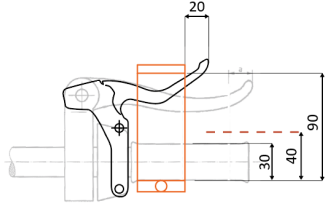
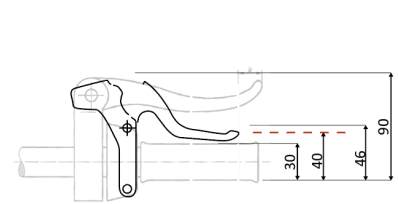
| Esquema original                                                                                                                                                | Esquema en base al modelo actual                                                                                                              |                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Escala que considera un puño de 30 mm y la distancia "a" 20mm</i></p>  | <p><i>El calibre pasa en la posición de la figura</i></p>  | <p><i>El calibre pasa en la posición ajustada</i></p>  |

Tabla: Comparación del esquema propuesto por la norma con respecto a un esquema que representa al modelo comercializado actualmente.

Del estudio de estos gráficos se puede deducir que:

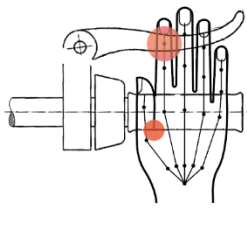
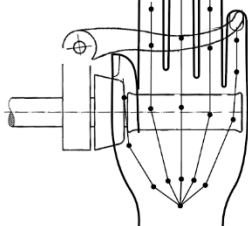
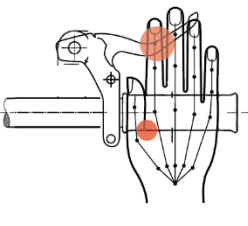
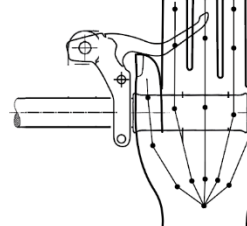
- La morfología y disposición básica del modelo actual está comprendida en el rango previsto.
- Es posible alcanzar la cota máxima.
- En el intento de alcanzar la cota de 40 mm ajustando el ángulo la cota llega a 46 mm.

Analizando el modelo actual/real se observa que el requisito de mínima tampoco es útil en este caso.

Difícilmente un manillar de sección 30 mm (caño y puño de goma) permita un tipo de palanca que con 40 mm de cota exterior pueda accionar el freno. Si bien hoy existen puños de menor sección (26 mm) no resultan suficientemente chicos como para que el requisito de 40 mm tenga utilidad.

### Sobre los límites dimensionales y la adecuación antropométrica

Una observación posterior, en la que se incluye la consideración antropométrica, deja alguna reflexión en torno al desempeño del sistema para distintos percentiles.

| Modelo provisto por la norma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Modelo que se comercializa hoy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>P 5° Mujer</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>P 95° Hombre</i></p>  </div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>P 5° Mujer</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>P 95° Hombre</i></p>  </div> </div> |

Cotejo gráfico de los esquemas de palanca en límite superior (90 mm) con manos pequeñas (P 5 M) y grandes (P 95 H) en base a dibujos del libro "The Measure of man and woman" de Dreyfuss

Esta evaluación gráfica permite suponer que para el 5% de la población femenina de manos más pequeñas, las medidas máximas previstas en la norma no resultan adecuadas. Esta suposición alcanza tanto al modelo correspondiente al esquema de la norma como al que se comercializa hoy dentro de los límites previstos.

### Sobre la aplicación de la fuerza a la palanca y el desempeño de frenado

La norma establece una combinación entre las magnitudes: *fuerza* aplicada a las palancas, *velocidad* inicial y *distancia* recorrida hasta la detención.

Si bien la norma no expresa que los valores de ensayo para estas magnitudes se hayan definido por ser adecuados o frecuentes para los usuarios, se puede asumir que buscan representar un escenario posible, límite para el uso seguro.

La bicicleta debe permitir que usuarios que circulan a 25 km/h logren frenar en 7 m aplicando sobre las palancas una fuerza de 180 N o menos<sup>9</sup>.

Numerosos estudios, como por ejemplo el publicado por PMC "Rendimiento de la fuerza de agarre de 9431 participantes del estudio GenoFit: datos normativos y factores asociados",

<sup>9</sup> En pista seca.



coinciden en que los valores de fuerza de agarre para el percentil 5° femenino adulto se encuentra alrededor de los 196 N.

180 N representa entonces un valor relativamente bajo que la mayoría de los usuarios es capaz de aplicar. Las mediciones para conocer la capacidad prensil de los individuos suelen realizarse con dinamómetros diseñados para tal fin en los que la mano acerca dos barras. Si bien el sistema es análogo al de la palanca de freno de bicicleta, cabe preguntarse si los valores son directamente trasladables o si en cambio, las diferencias entre uno y otro afectan la capacidad prensil de la persona.

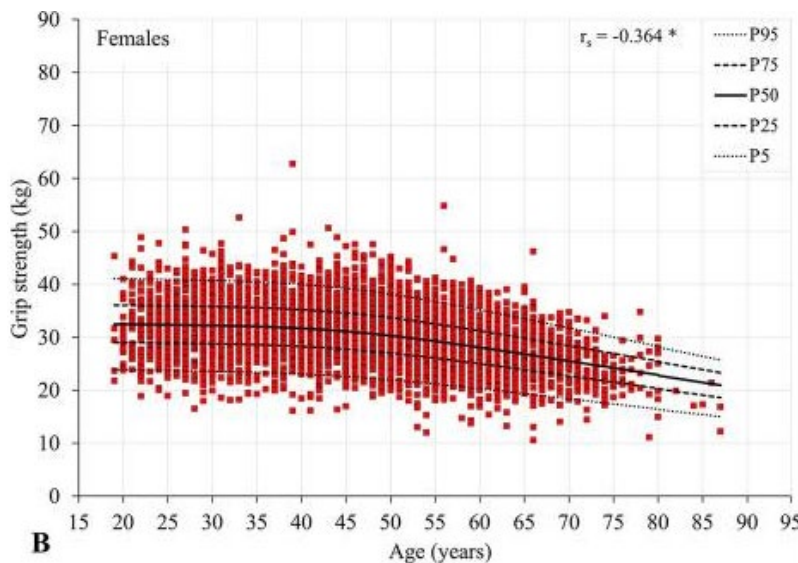
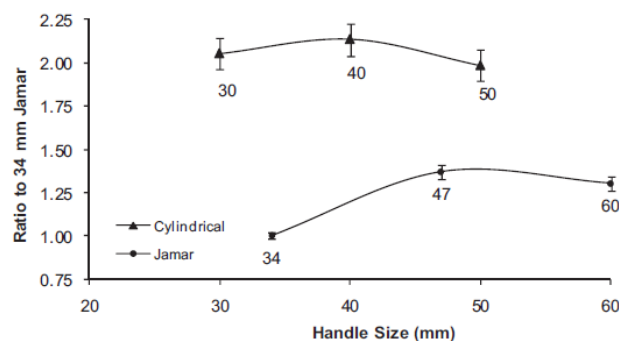


Gráfico original extraído del artículo "Rendimiento de la fuerza de agarre de 9431 participantes del estudio GenoFit: datos normativos y factores asociados"

### La fuerza máxima de la mano

La mayoría de los estudios de fuerza prensil humana consideran el uso de la mano completa, todos los dedos en su posición de máxima capacidad. El trabajo "*Effects of handle size and shape on measured grip strength*" publicado por Elsevier, analiza el dinamómetro marca Jamar para medir la capacidad de agarre y observa que **la posición del mango** influye significativamente en la fuerza de agarre máxima. Las posiciones más cercanas o alejadas de la óptima pueden no reflejar con precisión la fuerza máxima del sujeto.



Imágenes extraídas del artículo "*Effects of handle size and shape on measured grip strength*"



Entonces, el diseño de la palanca de freno de bicicleta puede no resultar óptimo para la fuerza de agarre de determinadas medidas de mano.

### Dedos radiales y cubitales

Las palancas de freno largas, que ilustra la norma en sus esquemas, son equiparables a las que se comercializaban hace algunas décadas. Muchas bicicletas aún presentan este diseño. El diseño más frecuente hoy es una palanca corta, que solo se opera con los dedos índice y anular.

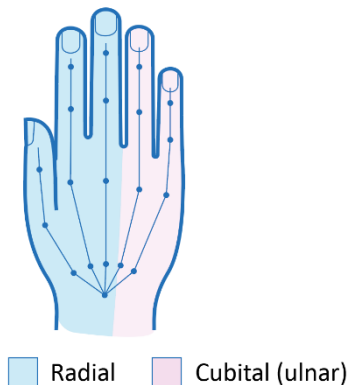


Bicicleta de uso público de la ciudad de buenos aires que presenta diseño de palanca de freno clásica. Imagen extraída de [Economiasustentable.com](https://economiasustentable.com) 1/12/24



Palanca corta uso del índice. Imagen extraída de [papagayobike.com](https://papagayobike.com) 1/12/24

El artículo “*Contribution of the ulnar digits to grip strength*” muestra que la fuerza de “agarre general” es el resultado de la interacción de muchos músculos que se originan en el antebrazo y se insertan en la mano y los dedos. Compara el desempeño y la capacidad prensil cuando se restringe el funcionamiento de determinados dedos. Concluye que los dos dedos cubitales (anular y meñique) desempeñan un papel significativo en la fuerza de agarre total de toda la mano, resultando su exclusión en una disminución de la fuerza de agarre del 34% al 67%, con una disminución promedio del 55%.



Radial Cubital (ulnar)

Gráfico propio que muestra los dedos radiales y cubitales en base a dibujos del libro *The Measure of man and woman* de Dreyfuss



Aunque la mecánica de los sistemas de freno actuales reduce significativamente el esfuerzo que debe realizar el usuario para accionar la palanca respecto de los antiguos, cabe la reflexión sobre su morfología ¿es para todos los usuarios? ¿debe la norma actual proponer un ensayo con límites y condiciones diferentes al modelo antiguo?

Al observar por un lado la relación dimensional del percentil 5° femenino con el conjunto palanca puño y por otro los diseños de palanca corta, vemos que en ambos diseños se prioriza el uso de los dedos radiales por sobre los cubitales, aun cuando los dedos cubitales tienen una contribución significativa en la fuerza de agarre funcional.

### Sobre la posición de la mano y el desempeño de frenado

Hay opiniones encontradas sobre la posición de la mano al conducir, mientras no se está frenando. Algunos ciclistas sostienen que la mano debe estar “siempre lista” para frenar, apoyando los dedos sobre las palancas. Otros dicen que la mano debe tomar fuertemente el manubrio para tener un mayor control de la dirección.

Lo cierto es que, en el desempeño del frenado, la posición de partida puede afectar significativamente el resultado, considerando el tiempo (y la distancia) necesario para que los dedos se reubiquen.

La configuración de las palancas que se estudiaron en este trabajo, evidentemente, no define un modo “correcto” de utilización.

Las manos más grandes podrían experimentar mayor dificultad para pasar los dedos del puño al freno, especialmente en palancas largas.

Las manos más pequeñas difícilmente pueden permanecer tomando puño y palancas de manera permanente para conducir la bicicleta.

Esto lejos de interpretarse como un diseño adaptable, parece ser un aspecto a resolver, un desafío para el diseño de productos más cómodos, efectivos y seguros para todos los usuarios.



## Conclusiones de la segunda parte

Este trabajo abordó los requisitos, métodos de ensayo y consideraciones de diseño aplicables a los sistemas de frenado de bicicletas, centrándose en las normas IRAM y en las dinámicas de uso reales. Los principales hallazgos y reflexiones son los siguientes:

**Relevancia de la normalización:** La normativa vigente establece límites claros para la seguridad de los sistemas de freno, como las distancias de frenado máximas en distintas condiciones. Estos parámetros son cruciales para garantizar un desempeño confiable y proteger a los usuarios.

**Limitaciones normativas:** Si bien la norma IRAM 40020 establece criterios dimensionales y de fuerza, se identificaron desafíos para garantizar su cumplimiento en configuraciones reales, especialmente en relación con los límites dimensionales y la variabilidad ergonómica de los usuarios.

**Factores humanos en el diseño:** La incorporación del factor humano es esencial para evaluar la seguridad y efectividad de los sistemas de freno. Las diferencias en fuerza prensil, tamaño de manos y posiciones durante el frenado afectan significativamente el desempeño. Se sugiere revisar las pruebas normativas para incluir configuraciones que reflejen mejor las condiciones reales de uso.



## Conclusiones Generales

Este estudio, destaca la importancia de los estándares establecidos, pero también propone observar la integración del factor humano como variable central, promoviendo una seguridad y usabilidad superiores en bicicletas.

El Departamento de Experiencia de Usuario, que se ocupa de considerar de manera sistemática las características de las personas en el proceso de diseño, puede aportar una mirada complementaria para mejorar el desempeño de estos y otros productos. Atender a la calidad y alinearse a los criterios del SIG contribuirá al trabajo colaborativo con otras áreas del instituto y así brindar a la industria una asistencia integral.



## Bibliografía

1. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2012). *Guía de buenas prácticas de diseño*. INTI.
2. Massy-Westropp, N. M., Gill, T. K., Taylor, A. W., Bohannon, R. W., & Hill, C. L. (2011). Hand grip strength: Age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes*, 4(1), 127. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-4-127>
3. McCormick, E. (1980). *Ergonomía* (1ra ed.). Gustavo Gili.
4. McDowell, T. W., Wimer, B. M., Welcome, D. E., Warren, C., & Dong, R. G. (2012). Effects of handle size and shape on measured grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(2), 199–211. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.01.003>
5. Methot, J., Chinchalkar, S. J., & Richards, R. S. (2010). Contribution of the ulnar digits to grip strength. *Canadian Journal of Plastic Surgery*, 18(1), e10–e14. <https://doi.org/10.1177/229255031001800111>
6. Organización Internacional de Normalización. (2013). *Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos* (ISO 9001:2015).
7. Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad: Fundamentos y vocabulario* (ISO 9000:2015).
8. Organización Internacional de Normalización. (2015). *Usability of consumer products and products for public use – Part 2: Summative test method* (ISO 20282-2).
9. Pratt, J., De Vito, G., Narici, M., Segurado, R., Dolan, J., Conroy, J., & Boreham, C. (2021). Grip strength performance from 9431 participants of the GenoFit study: Normative data and associated factors. *Geroscience*, 43(5), 2533–2546. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00410-5>
10. Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa. (2003). *Resolución 220/2003 - Defensa del consumidor*. [https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/certificaciones/bicicletas/Res\\_%20220-2003.pdf](https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/certificaciones/bicicletas/Res_%20220-2003.pdf)
11. Tilley, A. R., & Henry Dreyfuss Associates. (1993). *The measure of man and woman: Human factors in design* (Rev. ed.). Wiley.
12. Valdés, J., Bastida, K., Kornblit, F., Ciolli, J., et al. (2021, febrero 20). *Presentaciones de las asignaturas de la Especialización en Calidad Industrial de INCALIN*.