

PRESENTACIÓN

“*Nihil Intentatum*” (Nada sin intentar)

*Las características de la sociedad del conocimiento y de la tecnología y los desafíos actuales que se le presentan a las instituciones de educación superior, deben llevar a replantearse el rol de la universidad en cuanto a la creación, gestión y difusión de los nuevos conocimientos, por lo que **las funciones de investigación y de extensión y transferencia deben articularse fuertemente con la docencia, enriqueciéndose mutuamente**. Sólo de esa manera, la universidad puede ir cumpliendo los roles que la nueva relación educación superior-sociedad le exige.¹*

La participación de la Facultad de Ingeniería en los procesos de re-acreditación de la carrera de Ingeniería Civil durante el año 2008 y de la carrera de Ingeniería Industrial durante el año 2009 ha servido como herramienta de cohesión de la comunidad académica, al generar espacios de reflexión sobre las políticas establecidas a través de procesos de concertación, con planes y programas de carácter estratégico, que han marcado los senderos y los criterios a través de los cuales la Facultad pretende concretar su visión y la concepción que la inspira en presencia de esos desafíos y restricciones. En ese marco, esta publicación, nacida en el 2006, resulta cada año que pasa más consolidada y de una diversidad de temas muy rica.

Los profesores e investigadores cuentan con un buen canal de difusión de sus trabajos, necesario para que se conozcan los temas en los cuales la Facultad esta trabajando. Pero además los profesores contribuyen con el aporte de inquietudes que impactan en todas las carreras que se imparten en la Facultad y en el desempeño profesional de los que integramos esta comunidad educativa.

¹ Norberto Fernández Lamarra, La universidad en America Latina frente a nuevos desafíos políticos, sociales y académicos, en VI Congreso Internacional Retos y Expectativas de la Universidad, Puebla, México, Junio 2006.

No podemos dejar de recalcar el impacto cualitativo de los procesos de acreditación de las carreras de Ingeniería, con un mayor fomento de investigaciones relacionadas con las líneas de investigación propuestas por la Facultad. Paralelamente se incrementó la presencia de la Facultad en eventos de divulgación científica. Creo que esta mejora se puede apreciar en los trabajos presentados en este nuevo cuaderno.

A modo de síntesis temática de los trabajos, comenzamos con el tema de vidrios metálicos y su nanoestructura, en la búsqueda de nuevas aleaciones, propuesto por el Dr. Javier Moya.

A continuación el Ing. Carlos Bellagio y la Mg. Ing. María Inés Figueroa describen las distintas herramientas propuestas con ingenio y simplicidad para solucionar el problema de la flexión recta con sollicitación axial en el hormigón armado.

El Geólogo Jorge Marcuzzi realiza una propuesta metodológica para establecer la estabilidad de los macizos rocosos en una zona importante de la Ciudad de Salta.

La nanotecnología, un paso del bit al átomo, es explorada por la Msc. Ing. Verónica Venturini, donde la necesaria miniaturización debe ser estudiada en futuros dispositivos cada vez más pequeños y más poderosos.

El riesgo toxicológico en un sector muy conocido por los salteños, el tabacalero, y el manejo de químicos que pueden tener un riesgo potencial en su manejo, es el tema tratado por el Esp. en Higiene y Seguridad, Ing. Manuel Zambrano.

Finalmente este número de los *Cuadernos* incluye una introducción a los conceptos de patrón de diseño, refactorización y antipatrón, con las ventajas de su aplicación en el desarrollo de software orientado a objetos, por el Ing. Gustavo Damián Campo.

Agradecemos a todos los autores su dedicación, empeño y generoso aporte de conocimientos puesto de manifiesto en los artículos presentados

Salta, 26 de octubre de 2009

Ing. Néstor Eugenio Lesser

Vidrios Metálicos y Aleaciones Nanocristalinas: Nuevos Materiales de Estructura Avanzada

Javier Alberto Moya*

jmoya.fi.uba@gmail.com

Resumen

Los vidrios metálicos y las aleaciones nanocristalinas están cada vez más presentes en el mercado sin dejar de entusiasmar y desafiar a los investigadores en ciencia de materiales para lograr nuevas aleaciones, aplicaciones y productos. En este artículo se pretende dar a divulgación este nuevo tipo de materiales de estructura avanzada, haciendo hincapié en su uso más extendido como material ferromagnético y mencionando otras aplicaciones y los desafíos para el futuro.

Palabras Claves: Vidrios metálicos - Aleaciones amorfas – Nanocristales - Núcleos de transformadores

1. Introducción: qué son los vidrios metálicos

El término vidrio metálico (en inglés “*glassy metal*”) hace referencia a un material metálico con una estructura interna sin un orden atómico como la de un vidrio. Es decir, mientras un material metálico tradicional posee una estructura ordenada de átomos llamada estructura cristalina, los vidrios metálicos poseen el desorden atómico típico de los líquidos.

Los primeros vidrios metálicos se produjeron hacia 1960 cuando el grupo de Duwez (Klement et al 1960) del California Institute of

* El autor es Ingeniero Mecánico (UBA), Doctor en Ingeniería (UBA), miembro de la Carrera del Investigador del CONICET y profesor en la Facultad de Ingeniería e Informática de la UCASAL. Su actividad principal, actualmente, es la investigación en materiales en el Instituto de Estudios Interdisciplinarios en Ingeniería (IESIING) de la FII-UCASAL.

Technology (CALTech), se encontraban investigando sobre la retención de fase en aleaciones del tipo Cu-Ag, Ag-Ge y Au-Si. El método de fabricación consistía en eyectar la aleación fundida sobre una superficie fría dando lugar a una fina capa de metal rápidamente solidificada. Enfriando rápidamente una aleación de $Au_{80}Si_{20}$ obtuvieron el inesperado resultado de un sólido con estructura atómica desordenada. En la Fig. 1 se esquematiza el proceso de obtención de un vidrio metálico en un diagrama TTT (tiempo-temperatura-transformación) tal como se muestra en la curva (a), en donde T_m y T_g son las temperaturas del líquido (*melt*) y de transformación vítrea (*glass*) respectivamente. El material permanece en un equilibrio metaestable; por lo tanto, si es sometido a un tratamiento térmico éste puede inducir la cristalización hacia otras fases estables o metaestables como muestra el tratamiento térmico indicado con la curva (b) de la Fig. 1: en este tratamiento, el material cristaliza en la región de la curva que está rayada. Por el contrario, en la región indicada entre T_x y T_g , el material, en estado plasto-viscoso, puede ser conformado sin perder su característica de amorfo (curva (c)).

Lograr amorfizar una aleación metálica no siempre resulta fácil; para ello es necesario la combinación de dos factores: 1) una velocidad de enfriamiento suficientemente rápida para “congelar” la estructura desordenada que posee el material fundido, y 2) elementos inhibidores de la cristalización en la composición química de la aleación. En el caso mencionado del experimento con la aleación $Au_{80}Si_{20}$, la primera

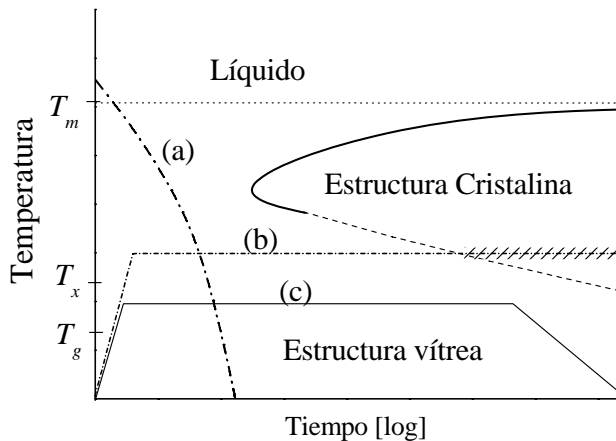


Fig. 1: Esquemización de una curva TTT para la formación y tratamientos térmicos de un vidrio metálico.

condición se cumple al ser eyectado el material sobre la superficie fría lo que resulta en una velocidad de enfriamiento del orden de 10^5 °C/seg, y la segunda condición viene dada por el contenido del 20% de Si.

Siete años después, el mismo grupo de la CALTech desarrolló una aleación amorfa de mucha importancia tecnológica de composición química $Fe_{80}P_{13}C_7$ (Duwez y Lin 1967) y por primera vez se realizaba una aleación amorfa económica. A la vez era la primera aleación amorfa ferromagnética.

Entre las distintas propiedades de este nuevo tipo de material podemos citar su capacidad de conducir corriente eléctrica (aunque en un orden de magnitud menor a la de los cristalinos), poseer un ferromagnetismo blando muy atractivo superior al de las aleaciones tradicionales y una excelente resistencia a la corrosión. Desde el punto de vista del comportamiento mecánico, la capacidad de deformación plástica se ve afectada por el desorden atómico que impide el libre movimiento de las dislocaciones. También por esta razón, la resistencia mecánica es muy superior a la de los metales convencionales, acercándose al límite teórico de su resistencia máxima.

Estos materiales se comenzaron a fabricar comercialmente en 1971 con la aleación Metgals® 2826 ($Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$) de la Allied Signal, Inc. Los métodos de producción resultan de tipo de la colada continua, con *planar flow casting* y *melt spinning* entre los más importantes, y consisten en el enfriamiento sobre una rueda -fabricada de un material de alta conductividad térmica y que gira a una velocidad tangencial de unos 40 m/seg- de un chorro de la aleación fundida (Fig. 2). De esta manera se obtienen cintas o chapas de material amorfo directamente desde el estado líquido con un espesor de entre 20 a 60 μm , y de ancho de hasta 25 cm. Es de notar que este método de fabricación evita todo el proceso de deformación plástica con los grandes trenes laminadores y tratamientos térmicos intermedios utilizados en chapas tradicionales.

El mayor empleo tecnológico en la actualidad de estas nuevas aleaciones es en el área de los materiales magnéticos blandos, como un sustituto superior al de los materiales magnéticos tradicionales en transformadores para la red eléctrica.

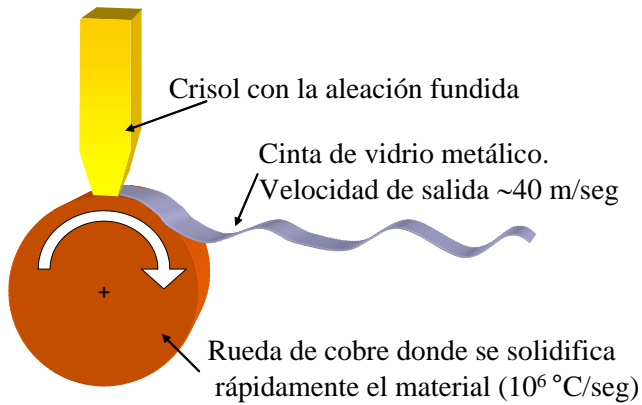


Fig. 2: Método de obtención de vidrios metálicos con la técnica de *melt spinning*.

2. Materiales para núcleos de transformadores

Los materiales magnéticos que se usan en los núcleos de los transformadores son llamados “blandos”, indicando la aptitud que tiene el material de imanarse y desimanarse en presencia o no de un campo magnético externo (al revés de los magnetos duros, comúnmente llamados imanes, en los cuales se busca que siempre la imanación quede inalterable). El proceso de imanación y desimanación de los magnetos blandos debe ocurrir 100 veces en un segundo si la frecuencia de la red eléctrica es de 50 Hz. Los parámetros típicos que definen este tipo de material son: bajo campo coercitivo, H_c , alta imanación de saturación, M_s , alta permeabilidad, μ , sobre todo en alta frecuencia, y baja magnetostricción, λ .

Los materiales magnéticos blandos tradicionales son las ferritas y los aceros al silicio cuyas propiedades podemos sintetizar en:

- Ferritas (cerámicos): Buena permeabilidad magnética a altas frecuencias y baja imanación de saturación. Las características magnéticas se deterioran rápidamente con el aumento de la temperatura.
- Fe-Si (metales): Imanación de saturación elevada y bajo campo coercitivo. Las propiedades magnéticas blandas se pierden a altas frecuencias.

Podemos comparar cualitativamente estos materiales tradicionales con los dos grandes grupos de vidrios metálicos magnéticos:

- Aleaciones amorfas base Fe: Con alta imanación de saturación. La magnetostricción λ no puede disminuirse hasta cero sin una notable pérdida de la imanación de saturación. Muy buena permeabilidad a alta frecuencia.
- Aleaciones amorfas base Co: Tienen valores de magnetostricción cercanos a cero ($\lambda \sim 0$). La imanación de saturación no es tan elevada como en las aleaciones base Fe. Excelente permeabilidad a alta frecuencia.

En la Tabla 1, en el Anexo, se dan los valores de los parámetros típicos de los materiales magnéticos blandos mencionados.

En el año 1982 fueron instalados en EEUU en forma experimental los dos primeros transformadores (de baja potencia) con núcleos amorfos: uno desarrollado por la General Electric y el otro por la Westinghouse Electric con núcleos producidos por la Allied Signal (Fe-Si-B).

Una de las más grandes ventajas que tienen los transformadores con núcleo amorfos (AMDT, de sus siglas en inglés, *amorphous magnetic distribution transformers*) es su bajísima pérdida en vacío, que es hasta un 80% menor que la pérdida en los transformadores tradicionales, disminuyendo en forma significativa tanto el consumo eléctrico como el calor disipado por la unidad. Otra ventaja de los AMDT es que pueden usarse tanto para baja frecuencia como para alta. Para esta última aplicación logramos una disminución considerable de peso con respecto a los transformadores de ferrita. En la Tabla 2 se comparan las propiedades de los primeros prototipos de transformadores de distribución tipo rurales con núcleo amorfo frente a los de núcleos tradicionales (Fe-Si cristalino o Ferrita) y en la Tabla 3 algunos aspectos económicos en la compra de transformadores.

3. Materiales Nanocristalinos

En 1988, investigadores de la Hitachi Metals (Yoshizawa et al. 1988) descubrieron un nuevo tipo de material con propiedades magnéticas blandas superiores a las de los vidrios metálicos. Se trata de sistemas con estructuras nanocristalinas que se obtienen a partir de

la cristalización controlada de aleaciones amorfas y que poseen granos de dimensiones comprendidas entre 10 y 20 nm inmersos en una matriz amorfa. Estos nuevos materiales nanocristalinos (aleaciones base Fe o Co) mejoran las propiedades de su precursor amorfo mostrando una alta imanación de saturación, magnetostricción casi nula y extremadamente baja fuerza coercitiva. El material desarrollado por la Hitachi tiene el nombre comercial de FINEMET y se obtiene partiendo de un vidrio metálico que se somete a un tratamiento térmico de una hora a una temperatura de recocido de 550 °C. Su composición química es $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_3$ y la estructura interna se encuentra dividida en dos fases: la fase cristalina (o nanocristalina, más propiamente dicha), que representa un 60% de total del volumen del material, y está formada por nanogranos de fase $\alpha\text{-Fe}(\text{Si})$ de ~20 nm de diámetro con un contenido de Si cercano al 20% (i.e. $\alpha\text{-Fe}_{80}\text{Si}_{20}$), y la matriz amorfa de composición rica en Fe, B y Nb (Fig. 3). Gracias al valor negativo de λ de la fase cristalina y del positivo de la fase amorfa se logran valores de magnetostricción prácticamente despreciables ($\lambda \approx 10^{-6}$ contra $\sim 23 \cdot 10^{-6}$ del producto en fase amorfa), que junto a una mayor magnetización de saturación (1.2 - 1.5 Tesla), una fuerza coercitiva de $\sim 0.5 \text{ Am}^{-1}$ y una permeabilidad magnética que excede los 10^4 para una frecuencia de 1kHz hace de estos materiales los más blandos, al menos a nivel productivo. Además de los FINEMET, se encuentran las aleaciones comerciales NANOPERM Fe-M-B (M = Zr, Hf, Nb) y HITPERM (Fe-Co-M-B-Cu). Actualmente varias empresas comercializan pequeñas bobinas, transformadores y filtros magnéticos confeccionados con material nanocristalino.

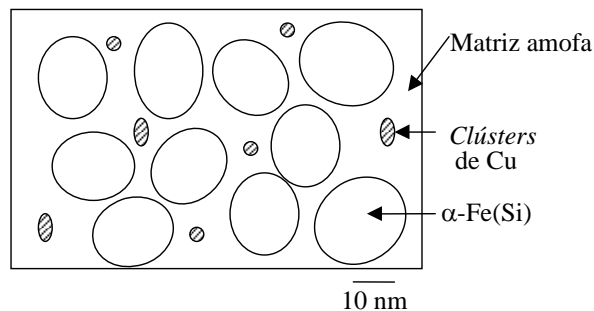


Fig. 3: Representación esquemática de la microestructura de la aleación $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_3$ (Herzer 1997).

4. El secreto de las excelentes propiedades magnéticas blandas

Tanto el campo coercitivo como la permeabilidad están gobernados por la anisotropía magnética. Es decir, las propiedades magnéticas no son iguales en todas las direcciones del material, de manera tal que si se lo imana en una dirección responderá distinto a que si se lo imana en otra. Hay varios factores que causan la anisotropía. La primera de ellas, llamada anisotropía magnetocristalina, radica en la misma estructura ordenada que poseen los metales tradicionales en donde una dirección no es equivalente a cualquier otra. Esta anisotropía magnetocristalina resulta despreciable en los vidrios metálicos ya que todas las direcciones de imanación le resultan equivalentes. En la Fig. 4 se representa un material cristalino con cuatro direcciones privilegiadas (o equivalentes) en las cuales el vector imanación prefiere orientarse y un material amorfo sin ninguna preferencia por alguna dirección.

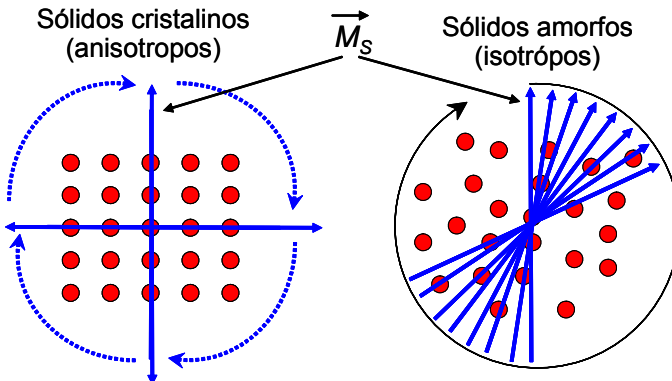


Fig. 4: Representación de un material cristalino (anisótropo) y uno amorfo (isótropo). El vector imanación M_s puede rotar libremente en el material amorfo mientras que lo hace discretamente en el cristalino

Otro tipo de anisotropía que entorpece la libre rotación de la imanación es la anisotropía magnetoelástica relacionada con la constante de magnetostricción λ . Cuanto más pequeña sea ésta, menos anisótropo (o más isótropo) será el material. Hay varios materiales cristalinos con $\lambda \sim 0$ como ser el Sendust (aleación de Fe-Si-Al) y entre los amorfos están las aleaciones base Cobalto, aunque, como se dijo anteriormente, éstas poseen bajo M_s . Estos dos tipos de anisotropía también se ven muy disminuidas en el caso de las aleaciones

nanocristalinas: Siendo los cristales tan pequeños la anisotropía magnetocristalina los toma como si no estuvieran y, en este sentido, el comportamiento es igual al de un amorfo. Pero tenemos otras dos ventajas: por una parte la presencia de cristales que, aunque sean pequeños, aumentan significativamente la imanación de saturación y por otra se permite lograr un valor magnetostricción nulo combinando los valores de λ positivo de la matriz amorfa con la de los cristales con un λ negativo. En la Fig. 5 se comparan los materiales magnéticos blandos tradicionales con los nuevos amorfos y nanocristalinos. Cuanto mayor permeabilidad y mayor imanación de saturación tengan a la vez, serán mejores materiales magnéticos blandos.

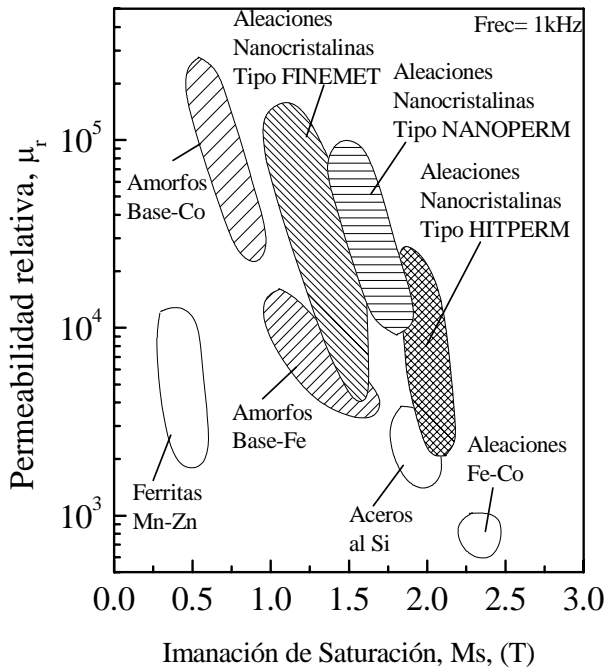


Fig. 5: Comparación de materiales magnéticos blandos tradicionales (indicados sin relleno) con los nuevos amorfos y nanocristalinos (regiones con distinto rellenos) (Makino *et al.* 1997).

5. Estado del arte

El uso más difundido de los metales amorfos magnéticos es para núcleos de transformadores (actualmente limitado a 10 MVA) ya que

son claves para la optimización de la energía y cuidado del medio ambiente. Existen varios proyectos en Europa para impulsar el uso de los transformadores AMDT (Leonardo Energy) mientras que en la Argentina está en elaboración un plan para el desarrollo de AMDT partiendo desde el material mismo.

No obstante esta masiva aplicación, aún quedan mucho por investigar. Un sondeo por una base de datos de publicaciones científicas (Scopus) muestra que un 50% de las publicaciones sobre materiales magnéticos blandos hacen referencia a estos tipos de materiales, en donde se apunta a aumentar la imanación de saturación, a disminuir λ , a hacer aleaciones más estables con la temperatura, más tenaces mecánicamente, más económicas, nuevas aplicaciones y nuevos desarrollos tecnológicos.

5.1 Aleaciones amorfas masivas

Por otra parte crece mucho el interés científico y tecnológico en lograr aleaciones amorfas con espesores cada vez mayores: estas reciben el nombre de “vidrios metálicos masivos” (*bulk metallic glasses*). Como se vio al principio, una de las condiciones para producir un vidrio metálico era la de enfriar rápidamente el metal fundido para evitar el normal proceso de cristalización. Esto limitaba no solo las aleaciones con cierta capacidad de amorfizar sino también la forma del producto el cual debía tener una de sus dimensiones pequeñas para lograr la eficaz extracción del calor. Para los productos en forma de chapas esto no representa problema. Sí resulta un inconveniente si se busca un uso estructural para aplicaciones que sean o no electromagnéticas. Vitralloy es la marca comercial de la aleación $Zr_{41.2}Be_{22.5}Ti_{13.8}Cu_{12.5}Ni_{10}$ desarrollada nuevamente por el CALTech y comercializada por la empresa Liquidmetal (1992) con la que se realizan implementos para el deporte (núcleos de pelotas de golf, esquíes, raquetas de tenis etc.), cubiertas de teléfonos móviles o de memorias flash, instrumental quirúrgico, materiales de protección en aplicaciones militares, recubrimientos para endurecer aceros, etc. Más recientemente, en 2004, dos grupos de investigación trabajando independientemente, uno del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Lu y Liu, 2004) y el otro de la Universidad de Virginia (Ponnambalam et al. 2004), ambos en EEUU, desarrollaron dos aleaciones masivas base Fe (aleaciones multicomponentes tipo Fe-Cr-Co-Mo-Mn-C-B-(Y,Ln)) no magnéticas llamándolas, quizás con cierto anhelo, aceros amorfos estructurales

(*structural amorphous steels*), aún con muy poca aplicación y mucho desarrollo por hacer.

6. Conclusión

El potencial uso de estos materiales de estructura avanzada es muy grande y quedan muchas dificultades por resolver en manos de los investigadores y tecnólogos. La posible transferencia a la industria argentina de los mismos hace que sea aún más atractivo su estudio, conocimiento y divulgación en nuestra sociedad.

Anexo

A continuación se muestran una serie de tablas donde el interesado puede comparar cuantitativamente:

Tabla 1: Materiales magnéticos blandos tradicionales (cerámicos y aleaciones metálicas) con los nuevos materiales de estructura avanzada (vidrios metálicos y nanocristalinos)

Tabla 2: Características técnicas de los primeros prototipos de transformadores amorfos frente a los transformadores tradicionales.

Tabla 3: Aspectos económicos de transformadores de distribución y potencia, tradicionales y con núcleo amorfo.

Tabla 1(a): Imanación de saturación M_s , campo coercitivo H_c , Temperatura de Curie T_C , pérdidas magnéticas y permeabilidad inicial μ_i de ferritas de Mn-Zn y Ni-Zn de alta permeabilidad.

Ferrita	$\mu_0 M_s$ [Tesla]	H_c [A/m]	T_C [°C]	Pérdidas [W/m ³]	μ_i (< 500 kHz)
Mn-Zn	0.3 – 0.5	4 - 100	100 - 250	50 - 200	500 – 20 000
Ni-Zn	0.1 – 0.36	16 – 1 600	100 - 500	(muy bajas)	10 - 2 000

Tabla 1(b): Ídem Tabla 1(a) para metales

Material	$\mu_0 M_s$ [Tesla]	H_c [A/m]	T_C [°C]	Pérdidas [W/m ³]	μ_i	μ_r máx
Fe ₉₇ Si ₃ Orientado	2.01	13.5	740	40	1 400	-
Permalloy 45 Fe ₅₅ Ni ₄₅)	1.6	27	~600	120	2 500	25 000
Supermalloy (Ni _{79.5} Fe ₁₅ Mo ₅ Mn _{0.5})	0.8	180	400	-	7 500	-
Sendust (Fe ₈₅ Si ₁₀ Al ₅)	0.89	1.6	-	-	3 000	10 000
Fe 99.95%	2.15	4.5	770	270	10 000	180 000
Fe 99.8%	2.15	80	770	-	150	5000

Tabla 1(c): Ídem Tabla 1(a) para vidrios metálicos

Composición de Vidrios Metálicos	$\mu_0 M_s$ [Tesla]	H_c [A/m]	T_C [°C]	μ_r máx
Fe ₈₀ B ₂₀	1.6	6	378	23 000
Fe ₈₁ B _{13.5} Si _{3.5} C ₂	1.6	6.4	370	23 000
Fe ₄₀ Ni ₃₈ Mo ₄ B ₁₈	0.88	8	353	65 000
Co based	0.6	1.5	250	45 000

Tabla 1(d): Ídem Tabla 1(a). Se agregan datos de: diámetro de grano D , magnetostricción λ , resistividad ρ , y espesor de la chapa, t . Pérdidas medidas a 0.2 T, 100 kHz

Alloy	D (nm)	M_s (T)	λ (10 ⁻⁶)	H_c (A/m)	μ_i (1 kHz)	ρ ($\mu\Omega\text{cm}$)	Pérdidas (W/kg)	t (μm)
Fe _{73.5} Cu ₁ Nb ₃ Si _{13.5} B ₉	13	1.24	2.1	0.5	100.000	118	38	18
Fe _{73.5} Cu ₁ Nb ₃ Si _{15.5} B ₇	14	1.23	~0	0.4	110.000	115	35	21
Fe ₈₄ Nb ₇ B ₉	9	1.49	0.1	8	22.000	58	76	22
Fe ₈₆ Cu ₁ Zr ₇ B ₆	10	1.52	~0	3.2	48.000	56	116	20
Fe ₉₁ Zr ₇ B ₃	17	1.63	-1.1	5.6	22.000	44	80	18

Tabla 2 (a): Pérdidas en núcleos de Fe-Si y de vidrios metálicos de los primeros prototipos de transformadores de 10, 15 y 25 kVA.

Potencia [kVA]	Pérdidas núcleo FeSi [W]	Pérdidas núcleo Amorfo [W]	Fabricante
10	40	13.5	Osaka Transf.
10	40	11	Westinghouse
15	50	14	Allied y MIT
25	85	28	General Electric
25	85	16	Prototype Allied

Tabla 2(b): Comparación de propiedades de dos transformadores de 10 kHz, uno con núcleo de vidrio metálico y el otro con núcleo de ferrita.

	Núcleo Amorfo	Núcleo Ferrita
Volumen bruto	200 cm ³	300 cm ³
Peso total	520 g	1000 g
Densidad de Flujo	0.55 T	0.2 T
Pérdidas a 100 °C	5.4 W	≥ 6.3 W
Potencia de excitación	7.6 VA	72.7 VA

Tabla 3: Eficiencia, estimación de ahorro, costo de unidad y retorno de la inversión para transformadores eficientes entre los que se encuentran dos con núcleos amorfos. Se toma como base al estándar A-A' según normas CENELEC HD428 (European Copper Institute, 1999).

Transformador	100 kVA					1600kVA				
	Eficiencia (%)	Ahorro		Costo Unidad (€)	Retorno Inversión (Años)	Eficiencia (%)	Ahorro		Costo Unidad (€)	Retorno Inversión (Años)
(kWh)		(€)	(kWh)				(€)			
A-A'	94,71	-	-	2.538	-	-	-	-	9.434	-
C-C'	96,46	996	52	2.799	5,0	98,99	9.759	507	10.147	1,4
A-AMDT	98,71	2.277	118	3.456	7,7	99,38	19.447	1.011	14.953	5,5
C-AMDT	98,77	2.310	120	3.567	8,6	99,45	20.972	1.091	15.469	5,5

Bibliografía

- Duwez, P. y Lin, S.C. Amorphous Ferromagnetic Phase in Iron-Carbon-Phosphorus Alloys. *J. Appl. Phys.* 38:4097, 1967.
- European Copper Institute. *The scope for energy saving in the EU through the use of energy efficient electricity distribution transformers*. European Commission, 1999. Disponible en <http://www.leonardo-energy.org>
- Herzer, G. En: *Handbook of Magnetic Materials*, 1997th edition, by K.H.J. Buschow (ed.) Elsevier Science B.V., Vol. 10, Chap. 3, 415, 1997.
- Klement, W., Willens, R.H. y Duwez, P. Non-crystalline structure in solidified gold-silicon alloys. *Nature* 187:869–70, 1960.
- Lu, Z.P., Liu, C.T., Thompson, J.R. y Porter, W.D. Structural Amorphous Steels. *Phys. Rev. Lett.* 92: 245503, 2004.
- Makino, A., Hatanai, T., Naitoh, Y., Bitoh, T., Inoue, A. y Masumoto, T. Applications of Nanocrystalline Soft Magnetic Fe-M-B (M = Zr, Nb) Alloys "Nanoperm". *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 33, 5: 1997.
- Ponnambalam V., Poon, S.J. y Shiflet G.J. Fe–Mn–Cr–Mo–(Y,Ln)–C–B (Ln = Lanthanides) bulk metallic glasses as formable amorphous steel alloys. *J. Mater. Res.* 19 (5): 1320, 2004.
- Yoshizawa Y., Oguma, S. y Yamauchi, K. New Fe-based soft magnetic alloys composed of ultrafine grain structure. *J. Appl. Phys.* 64:6044, 1988.

Diagramas de Interacción para el Dimensionamiento de Secciones de Hormigón Armado Sometidas a Flexión Recta con Solicitación Axial

Carlos A. Bellagio y María Inés Figueroa*

cbellg@arnet.com.ar

Resumen

En este trabajo se muestra el desarrollo para determinar diagramas de interacción de secciones de hormigón armado sometidas a flexión recta con solicitación axial según la nueva versión del Proyecto de “Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201”, basado en el código ACI 318 del American Concrete Institute de los Estados Unidos.

El empleo de los diagramas resulta de utilidad para el dimensionamiento de columnas de hormigón armado u otros elementos estructurales, utilizados tanto en el ámbito académico como profesional.

Para el desarrollo se elige unos de los casos más frecuentes de empleo, las secciones rectangulares con armadura simétrica utilizadas en las columnas de hormigón armado de edificios, aunque las mismas bases de diseño sirven para la resolución de otros casos de forma de sección o de disposición de la armadura.

Palabras Claves: Reglamento CIRSOC 201-2005 de Hormigón Armado – Flexión recta – Solicitación Axial – Dimensionado

* Carlos Bellagio es Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Rosario, 1970. Ex-profesor del Dpto. de Estabilidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Actualmente es Profesor en las Facultades de Ingeniería de la UCASAL y UNSA y desarrolla su actividad profesional en el área de la Ingeniería Estructural. María I. Figueroa es Ing. en Construcciones e Ing. Civil (Universidad Católica de Salta), Magister en Ingeniería Estructural (Universidad Nacional de Tucumán, 2001). Este trabajo se desarrollo en el marco de la convocatoria del Consejo de Investigaciones de la UCASAL. Se contó con la colaboración de la alumna Luciana Carral de la Carrera de Ing. Civil.

1. Introducción

Debido al cambio reglamentario es necesario difundir elementos para modificar procedimientos establecidos con el uso del actual reglamento, vigente desde 1982.

La actualización se justifica teniendo en cuenta nuevos estudios y experiencias acumuladas en los últimos veinte años. Por ello es importante vencer en los usuarios la inercia propia de la resistencia al cambio, mostrando sus ventajas, aunque para ello se requiera del esfuerzo para conocer nuevos procedimientos, nomenclaturas o diagramas. La contribución de este trabajo es facilitar herramientas de uso frecuente para mitigar esos esfuerzos y contribuir a la formación de los futuros profesionales con su utilización.

Uno de los coautores de este trabajo está a cargo de la cátedra de Hormigón Armado en la Facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad Católica de Salta, y de la cátedra de Fundaciones en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, para las carreras de Ingeniería Civil. En ambas cátedras el desarrollo y aplicación del hormigón armado se realiza desde 2005 según los lineamientos del nuevo reglamento.

2. Bases de diseño

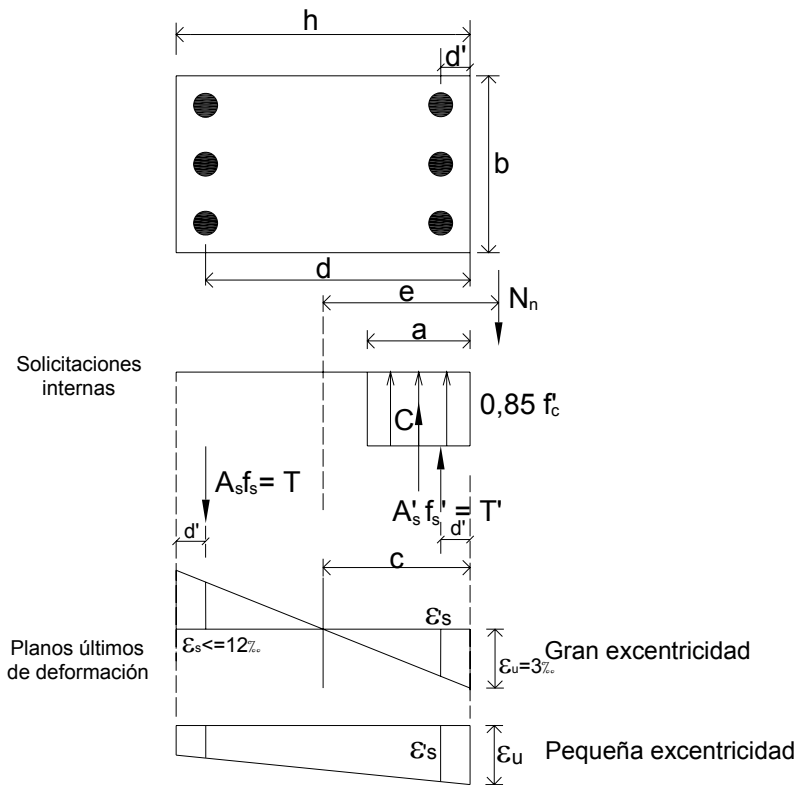
Las hipótesis de cálculo para el análisis de la flexión compuesta adoptadas son las siguientes:

- Bernoulli – Navier, manteniendo las secciones planas hasta su estado límite de deformación.
- Máxima deformación específica para el hormigón en la fibra más alejada del eje neutro del 3 por mil.
- No se considera la resistencia a tracción del hormigón.
- La zona comprimida del hormigón se reemplaza por un bloque rectangular equivalente.
- Si bien no se establecen límites de deformación para el acero en tracción se ha fijado un valor máximo del 12 por ciento, con el fin de trazar los diagramas cuando la línea neutra se ubica en posición muy cercana al borde más comprimido del hormigón.

- Los factores de reducción de resistencia son definidos, tal cual lo establece el nuevo Reglamento según la deformación específica del acero, entre los valores 0.65 y 0.90.

3. Secciones rectangulares con armadura simétrica con flexión recta y compresión

Esquema de análisis:



Parámetros:

$$\gamma = \frac{d'}{h} : \text{Factor de recubrimiento}$$

$$d = h(1 - \gamma)$$

$$A_g = h \times b : \text{Sección bruta}$$

$$a = \beta_1 c \leq h$$

$$\text{Siendo: } \beta_1 = 0,85 \text{ para } f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 30}{7} > 0,65 \text{ para } f'_c > 30 \text{ Mpa}$$

Cuantía geométrica:

$$\rho = \frac{A_s + A'_s}{A_g} = \frac{A}{A_g}$$

Cuantía mecánica

$$\mu = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

Según las relaciones geométricas:

$$\frac{\varepsilon_s + \varepsilon_u}{d} = \frac{\varepsilon_u}{c} \quad \rightarrow \quad \varepsilon_s = \varepsilon_u \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = \frac{f_s}{E_s}, \text{ si } \boxed{\varepsilon_s \leq \varepsilon_y}$$

$$f_s = \varepsilon_u \left(\frac{d}{c} - 1 \right) E_s \leq f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Consideramos: $\varepsilon_s > 0$ Tracción

Se adopta: $\varepsilon_s \leq 12\%$

$\varepsilon_u = \varepsilon'_c = 3\text{‰} > 0$ Compresión

$E_s = 200.000 \text{ MPa}$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

Remplazando obtenemos:

$$\boxed{f_s = 600 \left(\frac{h}{c} (1 - \gamma) - 1 \right) \leq 420} \quad (1)$$

Por otro lado:

$$\frac{\varepsilon_u}{c} = \frac{\varepsilon'_s}{c - d'} \quad \rightarrow \quad \varepsilon'_s = \varepsilon_u \left(1 - \frac{d'}{c} \right)$$

$$f'_s = \varepsilon_u \left(1 - \frac{d'}{c}\right) E_s \leq f_y$$

Consideramos: $\varepsilon'_s > 0$ compresión, $\varepsilon_u = 3\%$ y $E_s = 200.000$ MPa.

$$\boxed{f'_s = 600 \left(1 - \gamma \frac{h}{c}\right) \leq 420} \quad (2)$$

Ecuación de equilibrio de fuerzas:

$$N_n = C + T' - T$$

Reemplazando tenemos:

$$N_n = 0,85 f'_c a b + A'_s f'_s - A_s f_s \quad \text{si} \quad a \leq h$$

Para obtener expresiones adimensionales reducidas tomamos:

$$n_n = \frac{N_n}{f'_c A_g} = \frac{0,85 \beta_1 c b}{h b} + \frac{\rho/2 f'_s}{f'_c} - \frac{\rho/2 f_s}{f'_c}$$

$$\boxed{n_n = 0,85 \beta_1 \frac{c}{h} + \frac{\mu}{2 f_y} (f'_s - f_s)} \quad (3)$$

Expresión válida para $\beta_1 \frac{c}{h} < 1$

Ecuación de equilibrio de momentos:

$$M_n = N_n \cdot e = C \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) + T' \left(\frac{h}{2} - d'\right) + T \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

Reemplazando:

$$M_n = N_n \cdot e = 0,85 f'_c a b \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d'\right) + A_s f_s \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

Como expresión adimensional reducida tenemos:

$$m_n = \frac{M_n}{f'_c A_g h} = \frac{0,85 \beta_1 c b}{h^2 b} \left(\frac{h}{2} - \beta_1 \frac{c}{2}\right) + \frac{\rho f'_s}{2 f'_c h} \left(\frac{h}{2} - \gamma h\right) + \frac{\rho f_s}{2 f'_c h} \left(h(1-\gamma) - \frac{h}{2}\right)$$

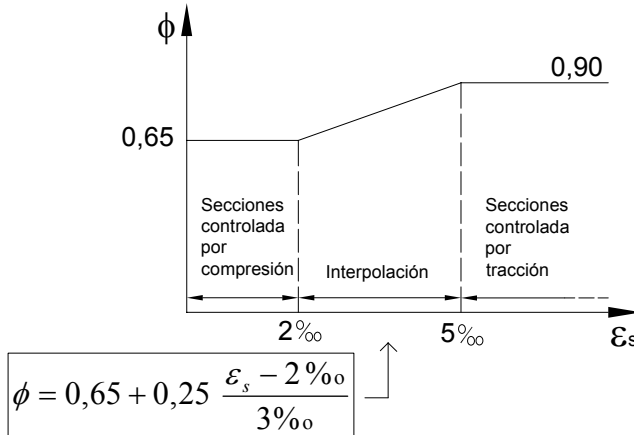
$$m_n = \frac{0,85}{2} \beta_1 \frac{c}{h} \left(1 - \beta_1 \frac{c}{h} \right) + \frac{\mu}{2 f_y} (f_s + f_s) \left(\frac{1}{2} - \gamma \right) \quad (4)$$

Expresión válida para $\beta_1 \frac{c}{h} < 1$

Como: $N_u \leq \phi N_n$

$M_u \leq \phi M_n$

Donde ϕ se observa en el diagrama siguiente:



ϕ = Coeficiente de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

Expresamos:

$$n_u = \frac{N_u}{f_c A_g}$$

$$m_u = \frac{M_u}{f_c A_g h}$$

Los límites establecidos para la cuantía geométrica son (s/10.9.1):

$$1\% < \rho < 8\%$$

Situación cubierta trazando los diagramas para valores de μ entre 0,1 y 1,4 con calidades de hormigón entre H-25 y H-40.

Debemos además cumplir con la siguiente limitación de la carga axil de compresión (s/ 10.3.6.2):

$$N_{n \text{ máx}} = 0,80 \left[0,85 f_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

$$n_{n \text{ máx}} = 0,80 \left[0,85 (1 - \rho) + \mu \right]$$

correspondiendo como ordenada máxima del diagrama al valor:

$$n_{u \text{ máx}} = 0,65 \times 0,80 \left[0,85 \left(1 - \mu \frac{f_c}{f_y} \right) + \mu \right]$$

Procedimiento de resolución para trazar una curva del diagrama de interacción:

- 1) Se adopta el factor de recubrimiento γ
- 2) Se adopta la cuantía mecánica μ
- 3) Se elige c/h y se determinan:

$$f_s; f'_s \quad \text{de (1) y (2)}$$

$$n_n; m_n \quad \text{de (3) y (4)}$$

$$\varepsilon_s = 0,003 \left(\frac{h}{c} (1 - \gamma) - 1 \right) \rightarrow \phi (\varepsilon_s) \text{ del diagrama}$$

- 4) Se determinan:

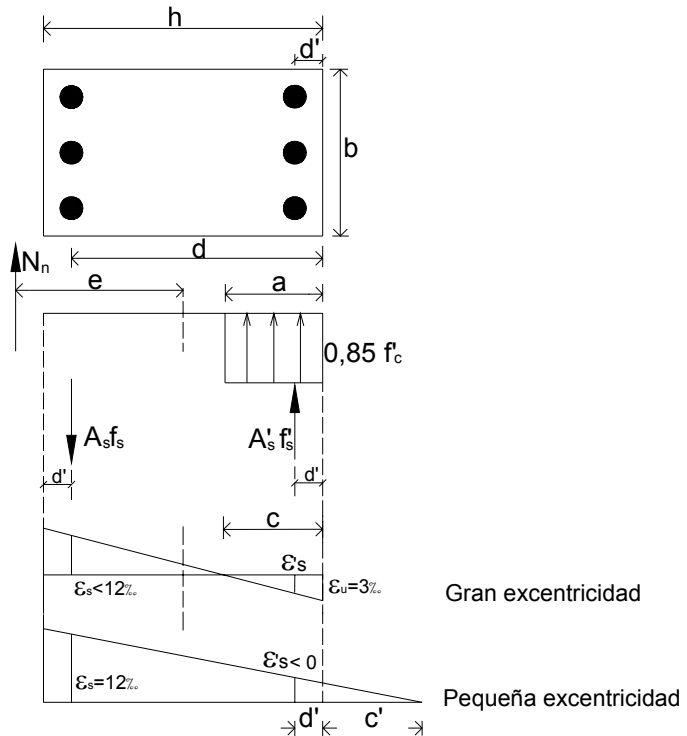
$$n_u = \phi n_n$$

$$m_u = \phi m_n$$

que corresponde a un punto del diagrama.

Luego repetimos el procedimiento modificando el valor de c/h obteniendo así una curva del diagrama.

4. Secciones rectangulares con armadura simétrica con flexión recta y tracción



Para $\frac{c}{h} \geq 0$ y con la deformación en el borde superior del 3% son válidas las expresiones (1) y (2).

Ecuaciones en equilibrio para gran excentricidad:

$$N_n = -C - T' + T$$

Reemplazando tenemos:

$$N_n = -0,85 f_c a b - A'_s f'_s + A_s f_s$$

Para obtener expresiones adimensionales reducidas tomamos:

$$\boxed{-n_n = -0,85 \beta_1 \frac{c}{h} - \frac{\mu}{2 f_y} (f'_s - f_s)} \quad (5)$$

La ecuación de momento es la misma que en el caso anterior por lo que la expresión (4) sigue siendo válida.

El procedimiento de análisis es similar al caso anterior, obteniéndose valores n_u negativos (tracción en el diagrama).

Para pequeña excentricidad tenemos:

$$\frac{\varepsilon_s}{d+c'} = \frac{-\varepsilon'_s}{d'+c'} \rightarrow \varepsilon'_s = -\varepsilon_s \frac{\gamma + c'/h}{1 - \gamma + c'/h}$$

$$f'_s = -f_s \frac{\gamma + c'/h}{1 - \gamma + c'/h} \quad (6)$$

De (3) y (4):

$$n_n = \frac{\mu}{2f_y} (f'_s - f_y) \quad (7)$$

$$m_n = \frac{\mu}{2f_y} (f'_s + f_y) \left(\frac{1}{2} - \gamma \right) \quad (8)$$

Para este caso: $n_u = 0,9n_n$ $m_u = 0,9m_n$

Caso particular: si $m_n = 0 \rightarrow f'_s = -f_y$

Tracción simple $n_n = -\mu$

$n_u \leq -0,9\mu$ ordenada mínima del diagrama

Procedimiento de análisis:

- 1) Se adopta γ
- 2) Elegir μ
- 3) Elegir c'/h $\rightarrow f'_s$ (6) $\rightarrow n_n, m_n$ (7) y (8) $\rightarrow n_u, m_u$ corresponden a un punto de una curva de interacción.

Repetimos el procedimiento modificando c'/h igual que en el caso anterior.

Mostramos a continuación, como ejemplo, una tabla de valores que corresponden a una curva de un diagrama.

Ejemplo de Curva de Interacción

Valores adoptados:

$\gamma = 0,1$

H - 30

$\rho(\%) = 1,43$

$\mu = 0,20$

ADN -420

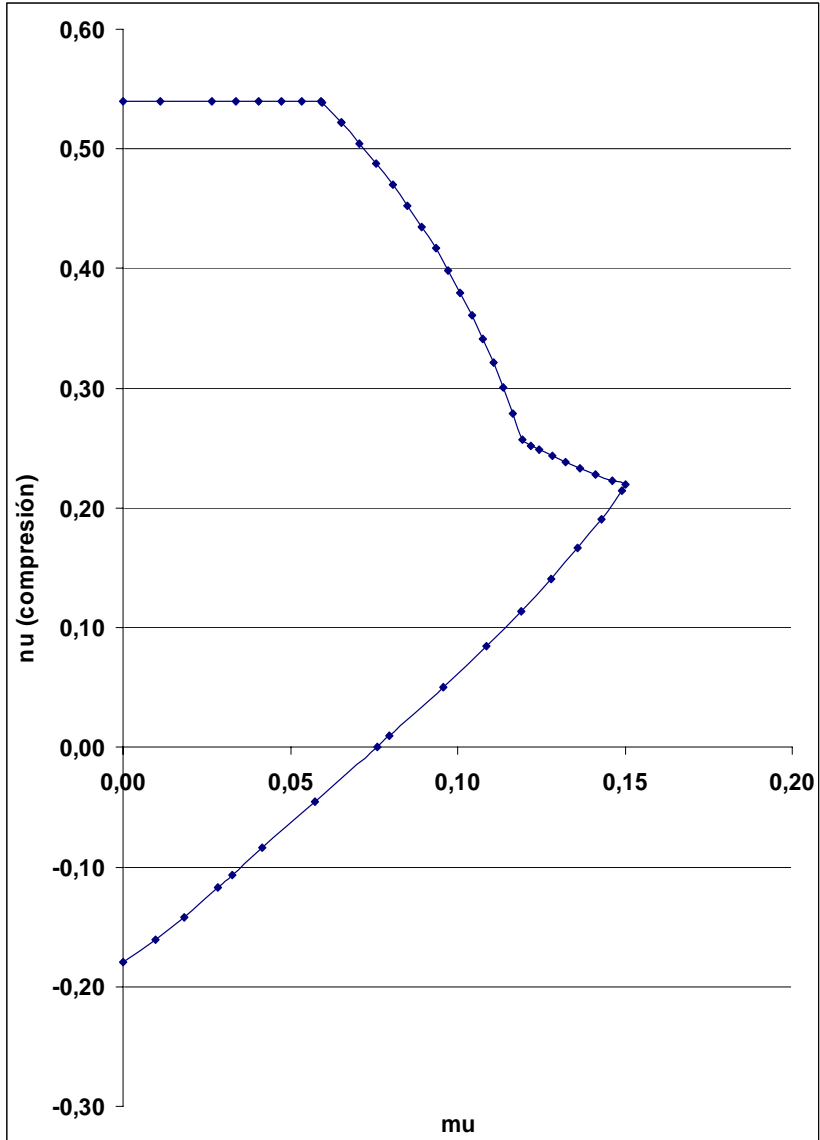
$\beta_1 = 0,85$

$n_n(\text{máx.}) = 0,83 \quad s/10.3.6.2$

c/h	f _s	f _s adop.	f' _s	f' _s adop.	m _n	n _n	ε _s	φ	m _u	n _u
0,0001		420		-420	0,00	-0,20		0,90	0,00	-0,18
0,03	17400	420	-1400	-420	0,01	-0,18	0,0870	0,90	0,01	-0,16
0,0588	8584	420	-420	-420	0,02	-0,16	0,0429	0,90	0,02	-0,14
0,065	7708	420	-323	-323	0,03	-0,13	0,0385	0,90	0,03	-0,12
0,068	7341	420	-282	-282	0,04	-0,12	0,0367	0,90	0,03	-0,11
0,075	6600	420	-200	-200	0,05	-0,09	0,0330	0,90	0,04	-0,08
0,09	5400	420	-67	-67	0,06	-0,05	0,0270	0,90	0,06	-0,05
0,1141	4133	420	74	74	0,08	0,00	0,0207	0,90	0,08	0,00
0,12	3900	420	100	100	0,09	0,01	0,0195	0,90	0,08	0,01
0,15	3000	420	200	200	0,11	0,06	0,0150	0,90	0,10	0,05
0,18	2400	420	267	267	0,12	0,09	0,0120	0,90	0,11	0,08
0,21	1971	420	314	314	0,13	0,13	0,0099	0,90	0,12	0,11
0,24	1650	420	350	350	0,14	0,16	0,0083	0,90	0,13	0,14
0,27	1400	420	378	378	0,15	0,19	0,0070	0,90	0,14	0,17
0,30	1200	420	400	400	0,16	0,21	0,0060	0,90	0,14	0,19
0,33	1036	420	418	418	0,17	0,24	0,0052	0,90	0,15	0,21
0,338	1000	420	422	420	0,17	0,24	0,0050	0,90	0,15	0,22
0,36	900	420	433	420	0,17	0,26	0,0045	0,86	0,15	0,22
0,39	785	420	446	420	0,17	0,28	0,0039	0,81	0,14	0,23
0,42	686	420	457	420	0,18	0,30	0,0034	0,77	0,14	0,23
0,45	600	420	467	420	0,18	0,33	0,0030	0,73	0,13	0,24
0,48	525	420	475	420	0,18	0,35	0,0026	0,70	0,13	0,24
0,51	459	420	482	420	0,18	0,37	0,0023	0,67	0,12	0,25
0,53	419	419	487	420	0,19	0,38	0,0021	0,66	0,12	0,25
0,540	400	400	489	420	0,18	0,39	0,0020	0,65	0,12	0,26
0,57	347	347	495	420	0,18	0,43	0,0017	0,65	0,12	0,28
0,60	300	300	500	420	0,17	0,46	0,0015	0,65	0,11	0,30
0,63	257	257	505	420	0,17	0,49	0,0013	0,65	0,11	0,32
0,66	218	218	509	420	0,17	0,52	0,0011	0,65	0,11	0,34
0,69	183	183	513	420	0,16	0,56	0,0009	0,65	0,10	0,36
0,72	150	150	517	420	0,16	0,58	0,0008	0,65	0,10	0,38
0,75	120	120	520	420	0,15	0,61	0,0006	0,65	0,10	0,40
0,78	92	92	523	420	0,14	0,64	0,0005	0,65	0,09	0,42
0,81	67	67	526	420	0,14	0,67	0,0003	0,65	0,09	0,44
0,84	43	43	529	420	0,13	0,70	0,0002	0,65	0,09	0,45
0,87	21	21	531	420	0,12	0,72	0,0001	0,65	0,08	0,47
0,90	0	0	533	420	0,12	0,75	0,0000	0,65	0,08	0,49
0,93	-19	-19	535	420	0,11	0,78	-0,0001	0,65	0,07	0,50
0,96	-37	-37	538	420	0,10	0,80	-0,0002	0,65	0,07	0,52
0,96	-37	-37	538	420	0,10	0,80	-0,0002	0,65	0,07	0,52
0,99	-55	-55	539	420	0,09	0,83	-0,0003	0,65	0,06	0,54
0,992	-56	-56	540	420	0,09	0,83	-0,0003	0,65	0,06	0,54
1,02	-71	-71	541	420	0,08	0,83	-0,0004	0,65	0,05	0,54

1,05	-86	-86	543	420	0,07	0,83	-0,0004	0,65	0,05	0,54
1,08	-100	-100	544	420	0,06	0,83	-0,0005	0,65	0,04	0,54
1,11	-114	-114	546	420	0,05	0,83	-0,0006	0,65	0,03	0,54
1,14	-126	-126	547	420	0,04	0,83	-0,0006	0,65	0,03	0,54
1,20	-150	-150	550	420	0,02	0,83	-0,0008	0,65	0,01	0,54
1,240	-165	-165	552	420	0,00	0,83	-0,0008	0,65	0,00	0,54

Fig. 1: Resultados del ejemplo planteado, $n_u > 0$ compresión.



5. Modo de utilización de los diagramas

Conocidas las solicitaciones requeridas M_u y N_u se adoptan las dimensiones de la sección, además de elegir los materiales y el factor de recubrimiento γ .

Se calculan los valores reducidos:

$$m_u = \frac{M_u}{f_c A_g h}$$

$$n_u = \frac{N_u}{f_c A_g}$$

Del diagrama correspondiente determinamos la cuantía mecánica μ y luego la geométrica con la expresión:

$$\rho = \mu \frac{f_c}{f_y}$$

Finalmente la sección de armadura es:

$$A = \rho \cdot A_g$$

En las figuras siguientes se muestran algunos diagramas obtenidos para distintas calidades de hormigón y factores de recubrimiento.

Fig. 2: Diagrama de Interacción $\gamma = 0.05$, $f'_c \leq 30MPa$. Sección rectangular simétrica

Hormigon: H<=30MPa

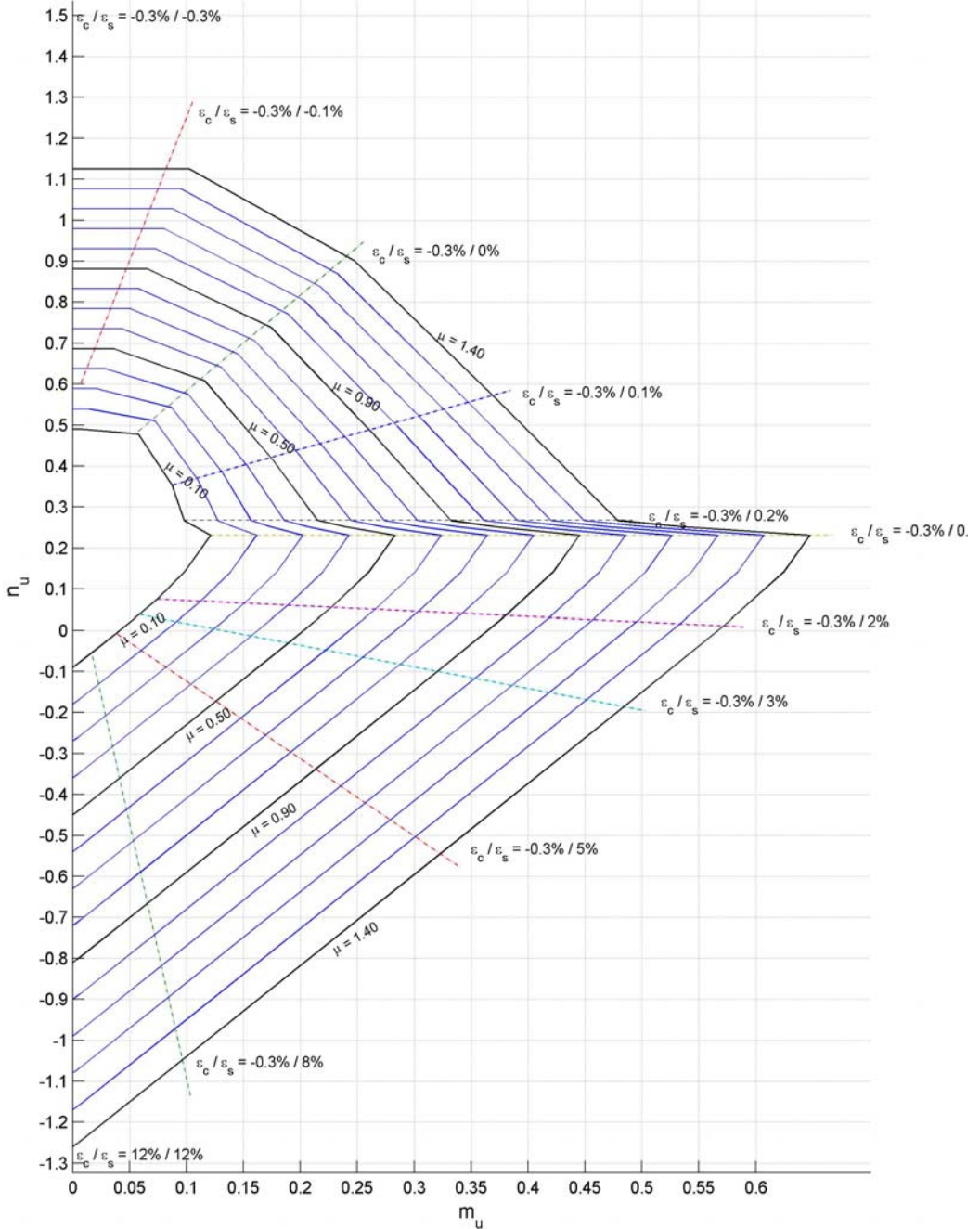


Fig. 3: Diagrama de interacción $\gamma = 0.10$, $f'_c \leq 30MPa$. Sección rectangular simétrica

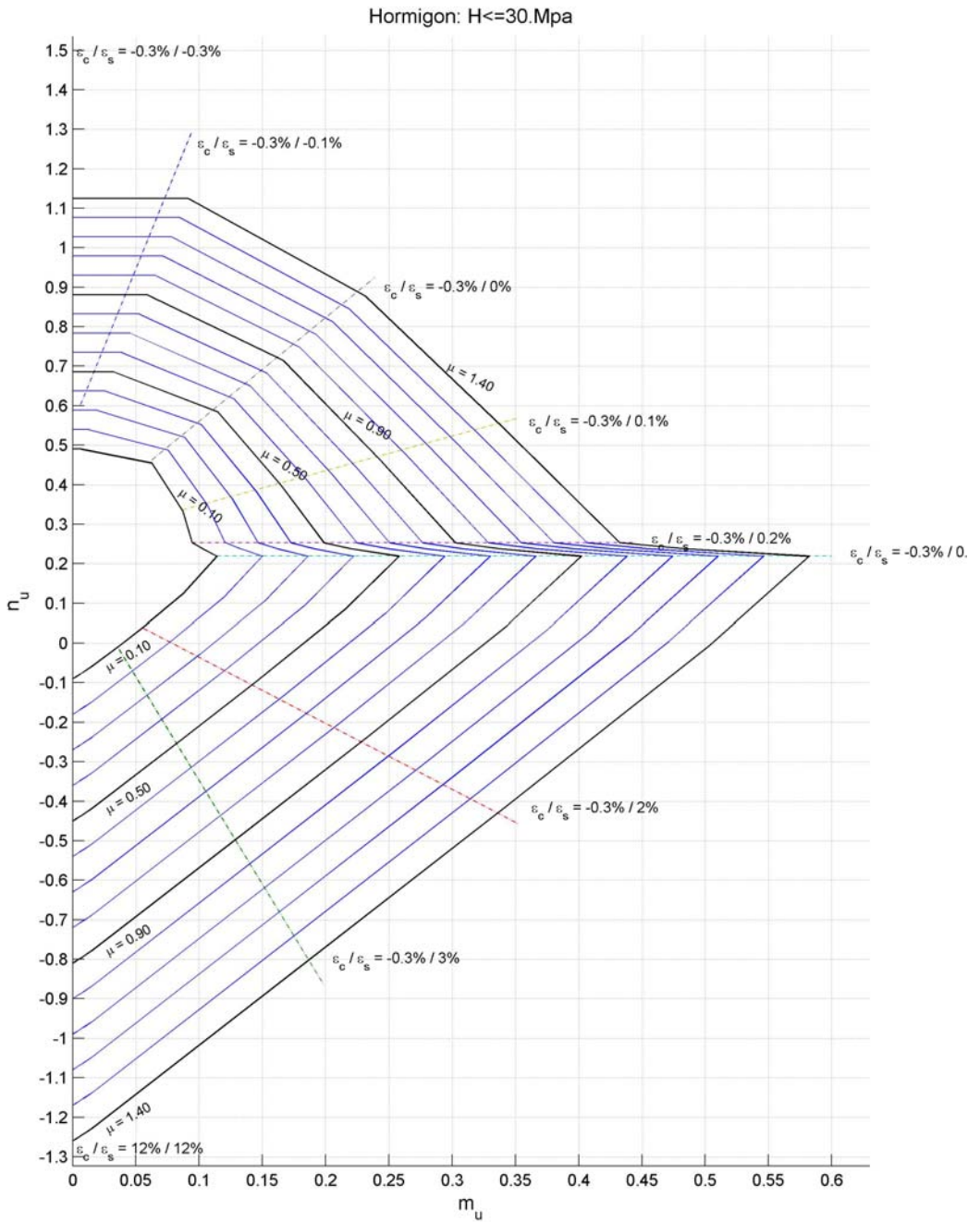


Fig. 4: Diagrama de interacción $\gamma = 0.15$, $f'_c = 35MPa$. Sección rectangular simétrica

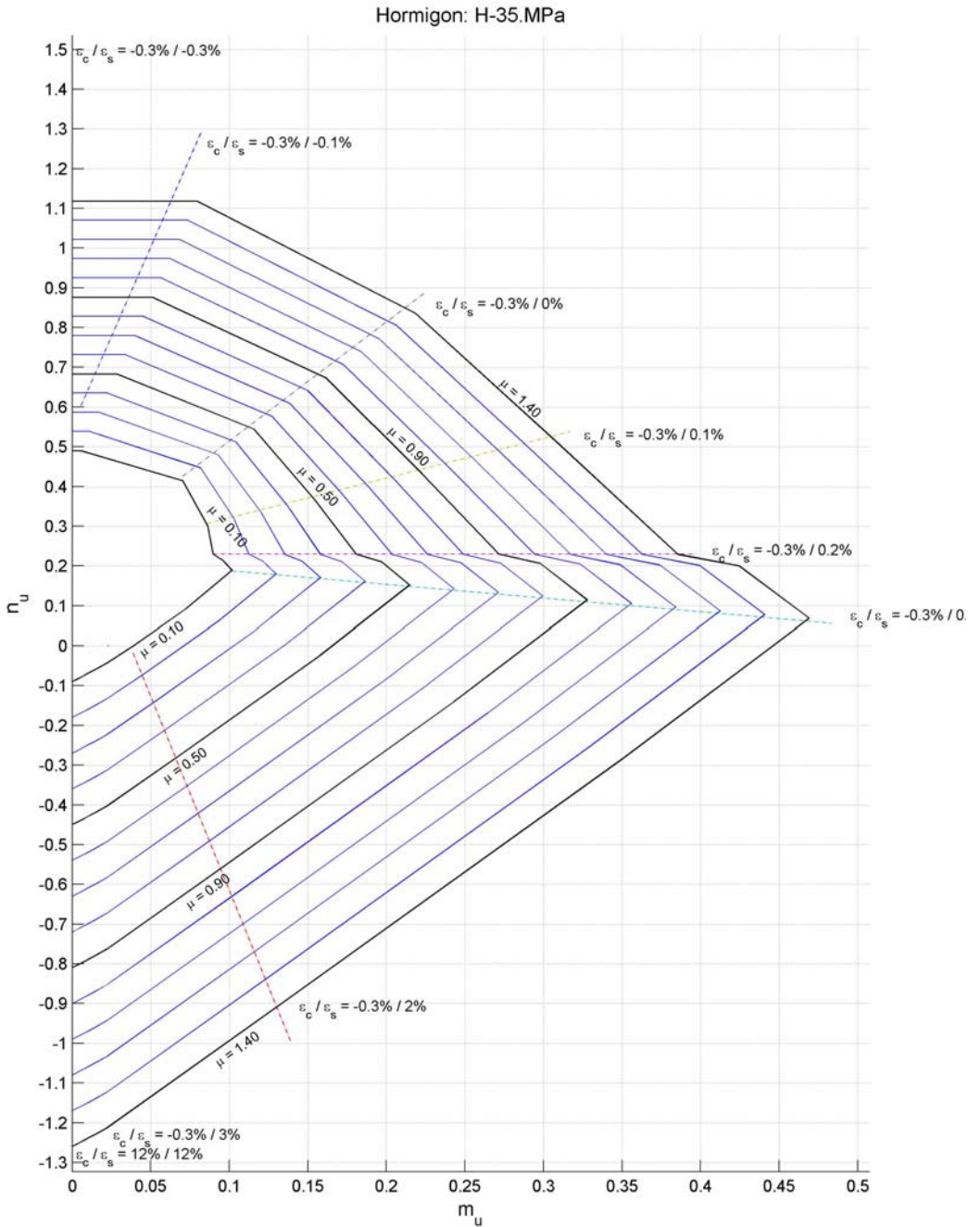
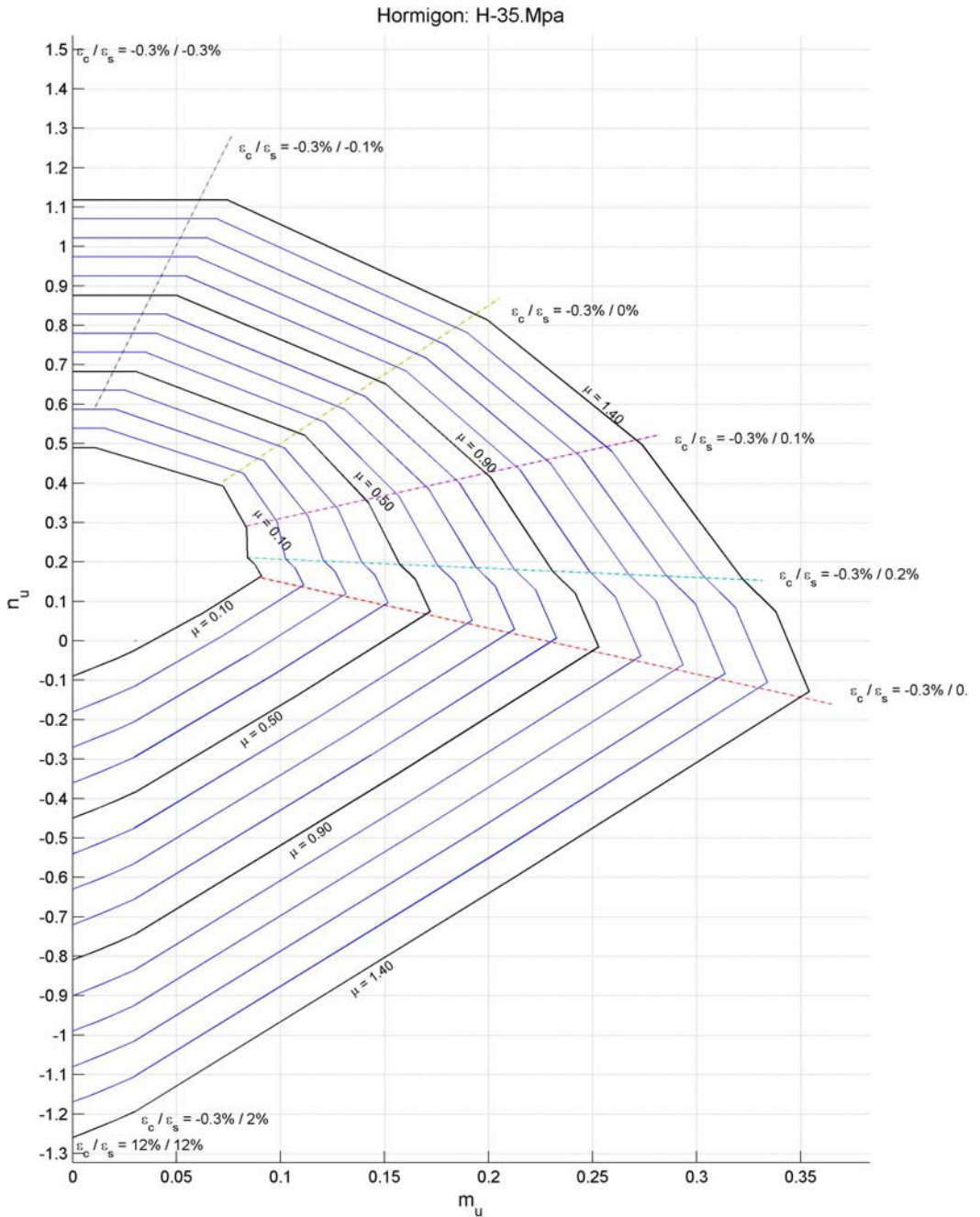


Fig. 5: Diagrama de interacción $\gamma = 0.20$, $f'_c = 35MPa$. Sección rectangular simétrica



Bibliografía

CIRSOC 201/05 Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, INTI, 2005.

Biblioteca de apoyo del CIRSOC

Nilson, A., *Diseño de Estructuras de Concreto*, 12ª ed., Mc Graw Hill, 1999

Möller, O., *Hormigón Armado*, Universidad Nacional de Rosario Editora, 2005

Propuesta Metodológica para la Caracterización Geotécnica de los Taludes Rocosos del Camino de Acceso al Cerro San Bernardo, Ciudad de Salta

Jorge J. Marcuzzi y Luciana Cerusico*

jjmarcuzzi@arnet.com.ar

Resumen

Durante el verano de 2008 como consecuencia de las precipitaciones registradas, en el camino de acceso al cerro San Bernardo se produjeron deslizamientos de taludes rocosos, posiblemente los más importantes de los últimos tiempos, que comprometieron seriamente la estabilidad del mismo. Además de la influencia climática en los procesos de deslizamientos, un aspecto importante que da lugar a estos fenómenos, son las condiciones geológicas y geotécnicas de los macizos rocosos que conforman los taludes del camino, de las que no existen estudios. La situación presente, se traduce en un conjunto de problemas que ponen en riesgo la estabilidad del camino y las obras de infraestructura existentes. Este trabajo propone una metodología de trabajo para analizar la estabilidad de los macizos rocosos.

Palabras Claves: Geotecnia, macizos rocosos, taludes, deslizamientos, clasificación geomecánica

1. Introducción

El cerro San Bernardo es parte de la historia de Salta, y lo está en un tiempo de muy larga duración, profundo y multiseccular, del que dan

* Jorge Marcuzzi es profesor de la asignatura Geología y Mineralogía de la Facultad de Ingeniería e Informática de la UCS y profesor de Geotecnia de la Escuela de Geología de la Universidad Nacional de Salta. Luciana Cerusico es alumna de la carrera de Geología de la Universidad Nacional de Salta

cuenta rocas marinas de casi 500 millones de años que lo conforman. Forma parte de la sierra de Mojotoro, relieve orográfico que se extiende al este de la ciudad de Salta y constituye el cierre oriental del Valle de Lerma, cuyas alturas máximas no superan los 2.100 msnm. El cerro San Bernardo con una altura de poco menos de 300 metros, se eleva sobre el piso de la ciudad de Salta cuya altura es de 1.200 msnm, y se ubica en el sector centro-occidental de la sierra de Mojotoro, también conocida como las Serranías de Vélez.

Actualmente, esta unidad sobresaliente del relieve y paisaje urbano de la ciudad de Salta, constituye un ícono relacionado a numerosas actividades de los salteños y esencialmente se lo puede considerar como un mirador natural que permite a los turistas apreciar el paisaje de la comarca, por lo que fue declarado reserva municipal según la Ordenanza Municipal N° 6.134/91. Se encuentra dentro de la ecoregión de Yungas y compone un elemento paisajístico de valor cultural por su importancia social, turística y religiosa.

Como se puede apreciar esta unidad geoambiental cumple con diferentes fines significativos para la actividad social de los salteños, donde el camino de acceso adquiere gran importancia. La traza del mismo fue inaugurada el 20 de febrero de 1933 y su pavimentación comenzó el 24 de febrero de 1971, finalizando en 1972, posee una extensión de 3.796 m y un ancho promedio de calzada de 6,00 m. Los taludes de la traza están constituidos por afloramientos rocosos y suelos, o una combinación de ambos. (Ver fotografías ilustrativas.)

De lo anterior se desprende la importancia que tiene este camino de acceso para el aprovechamiento social de la unidad fisiográfica, y precisamente el objetivo de la presente propuesta metodológica es realizar un estudio para caracterizar desde el punto de vista geotécnico los taludes rocosos y laderas que afloran en el desarrollo de la traza. Los taludes rocosos están constituidos por afloramientos de diferentes litologías y fracturados, que a primera vista por su conformación se considera que pueden ser estables, pero la realidad en los últimos años ha demostrado lo contrario.

En primer lugar, el estudio propuesto apunta específicamente a determinar en base a sus particularidades geológicas, las características geotécnicas de los macizos rocosos presentes en la traza de acuerdo con la metodología de la *International Society for Rock Mechanics* (1981) y desarrollada por Bieniawski (1976), conocida como *Rock Mass Rating* o *RMR*, luego de las modificaciones realizadas

por el mismo autor en 1979, 1983 y 1989; y aceptada mundialmente para describir las condiciones de un macizo rocoso. Luego, una vez conocidas las condiciones geomecánicas del macizo rocoso, empleando el método propuesto por Romana (1985) denominado *Slope Mass Rating* o *SMR*, se clasificarán los taludes de acuerdo a sus diferentes grados de estabilidad o inestabilidad.

La necesidad de estudiar la estabilidad de los macizos rocosos del camino, por la importancia de uso público que tiene, se basa en que no existen antecedentes de estudios sobre el tema. Aspecto que se considera importante, para la seguridad de los usuarios de este circuito turístico, religioso y deportivo, y también de las viviendas construidas en sus laderas y piedemonte. Porque los problemas de deslizamientos de rocas y otros fenómenos asociados en el camino de acceso, por lo menos en los últimos veinte años, constituyen un problema cíclico coligado entre la geología y las condiciones climáticas de la estación lluviosa.

No escapa a los autores, que un estudio para dar una solución a los problemas mencionados constituye una tarea ambiciosa, en la que se deben tener en cuenta de manera conjunta aspectos geotécnicos y de ingeniería detallados, pero la presente propuesta para encarar un trabajo de caracterización geomecánica de los taludes rocosos, aportará los fundamentos geológicos-geotécnicos básicos para elaborar un posible plan integral de remediación.

De acuerdo con lo antes mencionado, la decisión de poner a punto la metodología de trabajo propuesta, se sustenta en la necesidad de realizar un análisis de la estabilidad de los taludes y laderas del camino de acceso al cerro San Bernardo que cumple con una innegable función social, cuya demanda de uso se incrementa en el tiempo. Entonces la metodología propuesta podrá utilizarse como diagnóstico para determinar zonas con diferentes grados de potencialidad para generar procesos de deslizamiento.

2. Antecedentes del tema propuesto

El cerro San Bernardo fue estudiado de manera continua durante los dos últimos siglos, donde los primeros trabajos en este sentido datan de 1789 al presente, pero la mayoría de las observaciones estuvieron orientadas principalmente al aspecto paleontológico y estratigráfico. Los primeros trabajos relacionados con aspectos de la

geología estructural de la Serranía de Mojotoro donde se describen los tipos de plegamiento, fracturas, litología y discontinuidades (diaclasas, planos de estratificación y otras) fueron realizados por Ruiz Huidobro y González Bonorino (1953).

Los autores mencionados identifican además la principal formación rocosa que integra el área de trabajo, caso de la Formación Mojotoro, compuesta por lutitas, areniscas duras, areniscas silíceas y ortocuarcitas, que caracterizan al Paleozoico inferior de la sierra homónima y se apoyan en discordancia angular sobre un basamento asignado al Proterozoico. También señalan que la serranía corresponde a un complejo pliegue anticlinal donde alternan pliegues y escamas, con la existencia de una inversión estructural en el flanco oriental de la sierra, en su tramo central. Más tarde Cueto Vilches (1969) realiza un estudio sobre las diaclasas presentes en las cuarcitas que afloran desde el cerro San Bernardo hasta el río Mojotoro.

En cuanto al tema propuesto, no se tiene conocimiento sobre la existencia de antecedentes de trabajos de investigación sobre la caracterización y análisis de la estabilidad de taludes de macizos rocosos en obras de ingeniería, vinculados a la traza del camino de acceso hasta la cumbre en cerro San Bernardo. Salvo un informe inédito (Marcuzzi 1994) para la Secretaria de Obras Publicas de la Municipalidad de la ciudad de Salta sobre los riesgos geológicos conexos con la urbanización de la ladera occidental del cerro San Bernardo y 20 de Febrero, y trabajos del mismo autor sobre la caracterización geotécnica de las unidades geoambientales del Valle de Lerma.

Más recientemente Bassi et al, (1996) y Cerúsico y Bocca (2004) realizan estudios sobre aspectos estructurales y ambientales del cerro San Bernardo y su relación con la ciudad de Salta. Chafatinos y Nadir (1972) elaboraron una monografía inédita sobre la serranía de Mojotoro que analiza en general los riesgos geológicos de la unidad. Aparte, se tiene conocimiento de la existencia de algunos informes geotécnicos particulares relacionados con obras como la construcción del teleférico, cisternas de aguas y vivienda.

Sintetizando, salvo los trabajos de Marcuzzi et. al (1993, 1994, 1996, 1998 y 2000) relacionados con la temática, se puede decir que existe una importante producción bibliográfica de tesis, trabajos científicos e informes técnicos, en relación con la geología, clima, tectónica, medioambiente, hidrología, riesgos generales y otras

temáticas de la Serranía de Mojotoro, pero en cuanto a investigaciones sobre aspectos geotécnicos para la estabilidad de taludes y laderas no se conocen antecedentes.

3. Fundamentación de la elección del tema

La elección del tema trabajo, se fundamenta en la necesidad de aportar metodologías de estudio sobre temas de geotecnia básicos, para el análisis de problemas de riesgos de la ciudad de Salta, como consecuencia del importante crecimiento demográfico que se dio a partir de los últimos veinte años. Actualmente la población estable de la ciudad se estima en más de setecientos mil habitantes, a lo que se suma el incremento del turismo, aspecto que implica un uso mayor de ciertas unidades del relieve que conforman el Espacio Geológico Urbano (EGU) de la capital provincial.

La creciente demanda de uso del entorno físico natural por la continua urbanización, demanda de espacios de recreación y la necesidad de encarar nuevas obras de infraestructura genera la urgencia, entre otras, de analizar la estabilidad de ciertas unidades del relieve como cursos fluviales, lomadas, serranías y otras. En el caso particular del cerro San Bernardo, este ha sufrido un importante incremento del tránsito vehicular, por lo que la caracterización geotécnica de los taludes y laderas para análisis de su estabilidad, constituye un aspecto importante de la realidad en cuanto a la seguridad de los usuarios.

El camino de acceso al cerro San Bernardo nace el lugar conocido como El Portezuelo, sobre la ruta nacional N° 9 de acceso a la ciudad de Salta, y asciende por la ladera occidental con una traza sinuosa que atraviesa taludes de afloramientos rocosos de diferente litología, grado de fracturación y estabilidad. Donde uno de los principales aspectos de la inestabilidad, se relaciona con el buzamiento de los afloramientos que poseen una orientación definida a favor de la pendiente topográfica, característica natural que potencia deslizamientos. (Ver fotografías.)

Los taludes a lo largo de la traza de casi cuatro kilómetros, presentan diferentes problemas de estabilidad, como derrumbes, deslizamientos de suelos y rocas, procesos de erosión, alteración de drenajes naturales y otros fenómenos que normalmente adquieren mayor impulso durante la estación lluviosa. La magnitud de los deslizamientos en ocasiones reduce el ancho de la calzada, e incluso

han llegado a provocar la obstrucción total de la misma, dificultando o poniendo en riesgo la circulación vehicular. Los procesos mencionados, también determinan cierto grado de riesgo para las edificaciones situadas en la parte baja de las laderas y piedemonte.

De la situación descrita, surge la inquietud de realizar un análisis de las características geotécnicas de los macizos rocosos que forman los taludes y laderas del camino de acceso a la cumbre del cerro San Bernardo. Aspecto que junto con el estudio de los factores ambientales, geológicos y topográficos presentes, permitirá conocer cuál es la condición presente y futura de estabilidad.

4. Caracterización del área de trabajo

4.1. Ubicación y vías de acceso

La zona de estudio se ubica sobre la ladera occidental de la Sierra del Mojotoro, que conforma el borde oriental del Valle de Lerma, donde se encuentra la ciudad de Salta, queda limitada por las coordenadas: 65° 21' 22"- 65° 24' 33" oeste y 24° 44' 17" - 24° 48' 44" sur. El acceso a la zona de estudio resulta fácil hacia ambas laderas, a través de caminos, calles de tránsito diario, caminos secundarios y senderos, en buen estado de conservación. El camino de acceso se origina en el sector conocido como "El Portezuelo", a partir de la ruta nacional N° 9, el mismo recorre el flanco occidental del cerro hasta alcanzar la cima.

4.2. Clima

El clima del área de trabajo, que involucra parte del área urbana de la ciudad de Salta, es de tipo tropical serrano (cálido húmedo a subhúmedo), con veranos lluviosos, inviernos secos y temperaturas moderadas durante todo el año. Los parámetros que lo caracterizan se presentan en la Tabla 1. (Bianchi y Yáñez ,1992).

Los períodos lluviosos se extienden desde octubre hasta abril, y los secos en los meses restantes. La sierra del Mojotoro determina una barrera climática que frena el paso de las masas de aire húmedo provenientes del este, de modo que las lluvias se descargan principalmente sobre las laderas orientales de la serranía y también determina la presencia de microclimas. Lamentablemente no se poseen datos de las precipitaciones en el área de trabajo de la serranía, los

cuales son fundamentales para el estudio de la estabilidad de los taludes.

Tabla 1. Clima del área de trabajo

Temperatura	Precipitación	
Mínima media anual: 10.9°C	Media anual: 16.7°C.	Heliofanía efectiva anual 2.297 horas
Mínima absoluta anual: -6.8°C	Media anual 700 mm	Velocidad media del viento a 2m de altura: 4.6 km/h
Máxima media anual: 23.8°C	Humedad relativa media anual del 72%	
Máxima absoluta anual: 39°C	Humedad relativa máxima media anual: 91%;	
Media anual: 16.7°C.	Humedad relativa mínima media anual: 47%.	

4.3. Suelos y Vegetación

Los suelos dominantes son de débil desarrollo con perfiles A-AC-C, de textura fina a media en superficie y gruesa en profundidad. La textura está notablemente influenciada por el relieve local y las condiciones geológicas, por lo que es bastante variable. El drenaje interno varía según las texturas y la geomorfología, poseen alto contenido de materia orgánica y el pH varía entre ácido y alcalino. El grado de erosión es alto por las pendientes. Los suelos a nivel regional se clasifican como regosoles y litosoles.

El área de estudio pertenece al territorio fitogeográfico del dominio amazónico y dentro de este a la provincia de las Yungas (Cabrera y Willink, 1980). La vegetación está muy influenciada por la latitud y el relieve dominante. Corresponde a lo que se denomina como bosque montano, por su desarrollo entre los 1.000 y 2.300 msnm.

4.4. Geología

4.4.2 Estratigrafía

La columna estratigráfica expuesta de la Sierra de Mojotoro, comprende la siguiente secuencia: comienza con rocas de la Formación Puncoviscana o basamento precámbrico, luego del Grupo Mesón (Cámbrico), Grupo Santa Victoria (Ordovícico), y culmina con depósitos

cuaternarios (Figura 1). Las formaciones ordovícicas constituyen el Grupo Santa Victoria y, las unidades reconocidas al presente son: La Pedrera, Floresta, Áspero, San Bernardo (de importante contenido fosilífero) y Mojotoro.

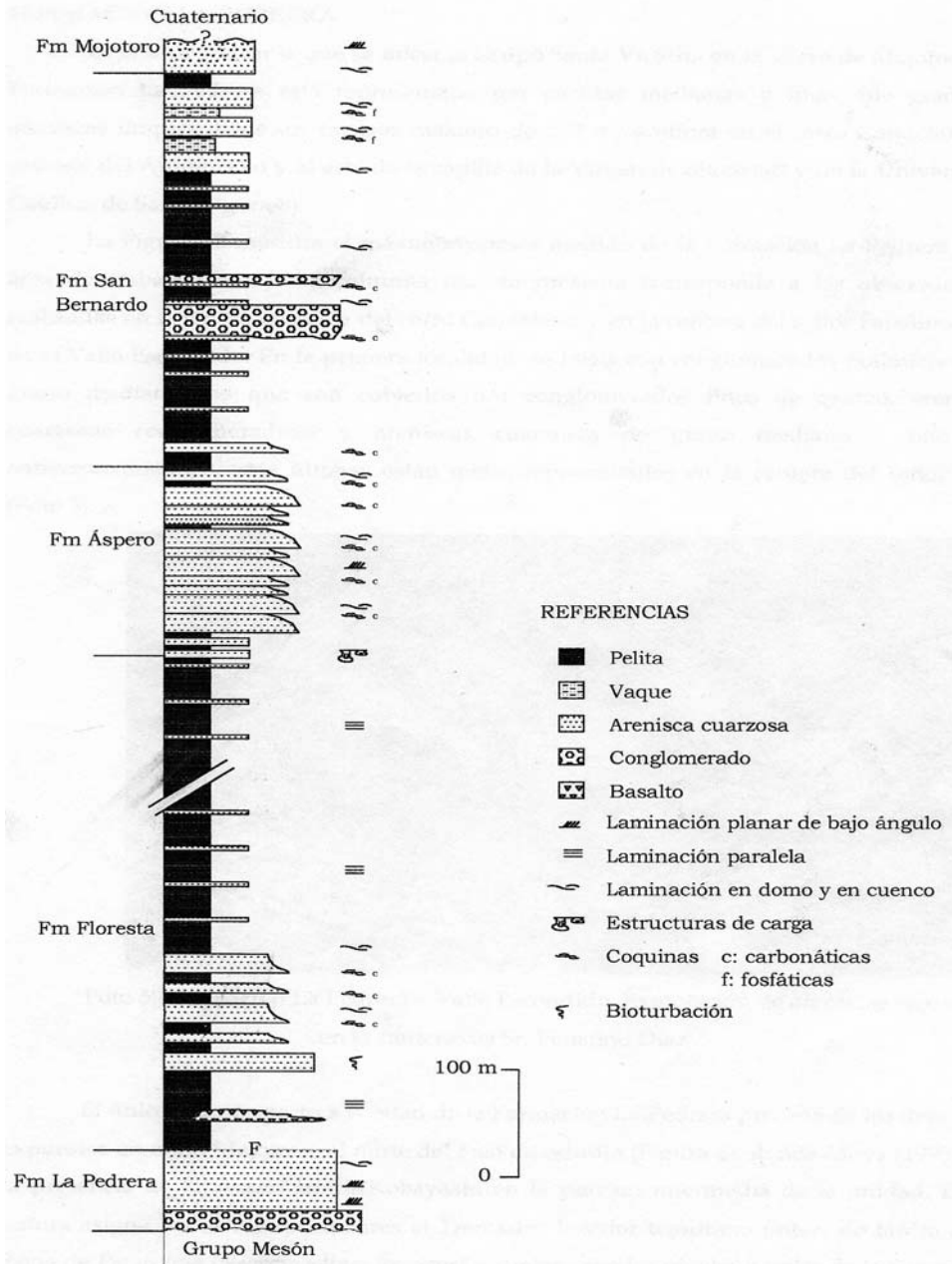


Figura 1. Perfil geológico estratigráfico

En el área de estudio, dominan los afloramientos del Ordovícico inferior, representadas por rocas sedimentarias marinas, constituido por una alternancia de bancos de pelitas (fotografía 1), areniscas (fotografía 2) y cuarcitas (fotografía 3), que se disponen en orientación norte-sur y buzamientos generales hacia el oeste. La disposición estructural de la serranía da lugar a un relieve asimétrico caracterizado por laderas occidentales escarpadas, acordes con el buzamiento de los estratos (30°-40° promedio) orientales y menos inclinadas. La edad de las formaciones es Tremadociana (ladera este) y Arenigiana (ladera oeste del cerro) y se identifican como:

Formación San Bernardo: Constituye una unidad esencialmente pelítica, grano y estrato creciente, constituida por lutitas limosas, limolitas y vaques de grano fino y color verde oliva, entre las que intercalan bancos arenosos o areno-psefíticos con gradación positiva geométrica. En el tercio inferior de la Fm San Bernardo, Barrientos, A. 2003; se intercala un intervalo psefítico-psamítico de 25 m de espesor, constituido por secuencias grano decrecientes de 0,30-1,20 m de espesor, marcadamente lenticulares, con base erosiva y techo transicional, compuestas por conglomerados clasto a matriz soportados, que gradan a areniscas micáceas y vaques gruesos, medianas y finas, limolitas y pelitas. La Formación San Bernardo posee un espesor máximo de 436 m y la relación con la Formación Mojotoro, es transicional y, está evidenciada por una sucesión compuesta por secuencias de arenisca-pelita de tendencia grano y estrato-creciente. Ambas se presentan muy fracturadas.

Formación Mojotoro: La Formación Mojotoro corresponde a los niveles ordovícicos más jóvenes que afloran en el área de trabajo, cuyos depósitos constituyen el contrafuerte occidental del cerro, con intervalos heterolíticos de arenisca-pelita. Hacia el oeste, en la depresión del Valle de Lerma, dichos niveles yacen bajo acumulaciones fluviales y aluviales del piso del valle, desconociéndose el tipo de relación de techo que podrían presentar. Con un espesor de 50 m, dicha formación se caracteriza por cuarcitas blanquecinas, rosadas y moradas, de estratificación gruesa, en bancos frecuentemente amalgamados con abundantes entrecruzamientos y superficies de reactivación. También presentan alto grado de fracturación.



Fotografía 1 y 2. Deslizamientos de taludes en formaciones rocosas lutíticas de dos sectores del camino de acceso al Cerro san Bernardo.



Fotografías 3 y 4. Deslizamientos de taludes de formaciones rocosas de areniscas y suelos. En la fotografía de la derecha se aprecia la influencia del agua.



Fotografías 5 y 6. Deslizamientos de taludes de formaciones rocosas de cuarcitas fracturadas, en la fotografía de la izquierda se observa la influencia del agua.

4.4.3. Relieve y geomorfología

El lugar de trabajo se encuentra en el bloque positivo de la sierra de Mojotoro, este bloque tectónico adquirió su conformación actual durante los ciclos diastróficos del Terciario superior y manifestaciones tardías del Cuartario, que elevaron y fracturaron el basamento y lo bascularon hacia el este. Desde entonces la sierra de Mojotoro comenzó a sufrir un proceso de erosión que dio lugar a las geoformas que vemos actualmente, producto de la incisión de una red hidrográfica que se adapta a las formaciones litológicas presentes (Ruiz Huidobro, 1968).

El autor antes mencionado, clasifica a la Sierra de Mojotoro como un plegamiento asimétrico limitado por fallas, cuya estructura define una red de drenaje consecuente que nace sobre la línea de cumbres y desplazada hacia el oeste como consecuencia de su asimetría. La serranía como resultado del plegamiento presenta pendientes más suaves hacia el este y más abruptas hacia el oeste. El buzamiento de los estratos es hacia el oeste, por lo que son solidarios con la pendiente topográfica, dando lugar esta conjunción a cierto grado de inestabilidad de las laderas.

Los taludes sobre los que se emplaza la traza del camino de acceso están conformados por unidades litológicas de naturaleza sedimentaria, las que desde el punto de vista petrológico se clasifican como cuarcitas, pelitas, areniscas y vaques, a los que suprayacen depósitos sedimentarios cuaternarios con texturas de granulometría variable.

En general la estabilidad de las unidades litológicas de la Formación Mojotoro, que conforman los taludes, depende de un conjunto de factores como altura del talud, litología, drenaje interno, grado de fracturación y orientación de los mismos. Así se observan derrumbes y flujos de sedimentos de diversa magnitud al pie de los taludes rocosos que siguen la dirección de buzamiento de los estratos, ubicados en toda la traza y coinciden con litologías propensas al deslizamiento o sedimentos inconsolidados. Los derrumbes de pequeña escala no comprometen la estabilidad del camino, pues por lo general cubren menos de medio carril.

La ladera occidental, por la orientación de los estratos, buzamiento, dirección de buzamiento y topografía, es susceptible a sufrir cíclicamente problemas de deslizamiento por la concurrencia de

los elementos estructurales y del relieve mencionados (ver fotografías ilustrativas). A lo anterior se suman otros factores disparadores, como los efectos de la sismicidad de la comarca y del clima, con lluvias intensas, y el desarrollo de procesos de meteorización.

Las formaciones lutíticas muestran mayor tendencia al desarrollo de derrumbes y deslizamientos, observándose actualmente escarpas de falla en condiciones de inestabilidad, que afectan los niveles de areniscas asociados con lutitas. La mayoría de estas dan lugar a derrumbes y flujos, siguiendo el sentido de la estratificación, y en general conforman depósitos al pie del talud (ver fotografías ilustrativas).

En éste tipo de ambiente, donde existen situaciones climáticas contrastantes entre el verano e invierno, con amplitudes térmicas acentuadas y precipitaciones intensas, la meteorización física y química es importante, que se ve favorecida por la presencia de discontinuidades, especialmente en las formaciones lutíticas. Los procesos de meteorización favorecen los deslizamientos de las masas rocosas por debilitamiento de las mismas, en especial cuanto mayor es la densidad del grado de fracturación. En los deslizamientos los dos factores motores principales son la gravedad y la circulación de agua por las discontinuidades. Los deslizamientos en general tienen lugar a lo largo de las superficies de discontinuidad, cuyo movimiento puede ser rápido o progresivo en el tiempo, debido a los procesos naturales mencionados o por desestabilización antrópica.

4.4.4. Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, en superficie, en el sector de estudios se observa la presencia de una red de drenaje de poco desarrollo típica de áreas de laderas desarrolladas en rocas de buen grado de diagénesis y competencia, conformada por quebradas de escaso desarrollo, que normalmente son consecuencia de procesos tectónicos, y que encauzan el agua de las precipitaciones pluviales. Parte de los volúmenes de las precipitaciones se infiltran, dando lugar a un flujo subsuperficial a través de las discontinuidades litológicas (ver fotografías 3 y 6) y cuyos efectos tienen una importante incidencia en la estabilidad de los macizos rocosos. La vegetación de las laderas ejerce un efecto protector del suelo durante las lluvias al controlar la erosión hídrica.

5. Objetivo general del trabajo

Como paso inicial de la propuesta de trabajo el objetivo general consiste reconocer los afloramientos rocosos presentes en la traza del camino, esto consistirá en los siguientes pasos:

- En primer lugar se procederá a relevar en la traza del camino de acceso a la cumbre del cerro San Bernardo los sectores donde existen afloramientos rocosos visibles que constituyen los taludes y laderas, y de las diferentes litologías que los componen. También se relevarán los drenajes principales y elementos estructurales mayores como fallas, componentes estos de macroescala estructural que son de interés para el análisis general de la estabilidad. Para esta tarea se empleará un GPS.
- En cada afloramiento se determinarán los parámetros básicos de la geometría de un talud, como la altura vertical (V) y la longitud horizontal (H), para determinar la pendiente del plano del talud. También se describirá el talud en cuanto a la posible cubierta de suelos y vegetación, y se verificará si existen indicadores de deslizamientos anteriores. Finalmente en los taludes rocosos identificados, se determinarán sectores representativos para aplicar luego la metodología de caracterización geotécnica de los mismos.
- En los sectores representativos del relevamiento inicial, se procederá a definir la posibilidad de emplear la metodología del relevamiento de las discontinuidades y su análisis mediante la propuesta de la *International Society for Mechanics of Rocks (ISMR)* (1978), que luego permitirá determinar los índices MRM y SMR. Para este paso se empleará una brújula geológica.
- La información geológica de base necesaria para la posterior caracterización de los macizos rocosos, consiste en el relevamiento de la litología presente en cada afloramiento además de una observación preliminar del tipo de discontinuidades existentes, orientación dominante, estado de alteración e indicadores de infiltración de agua. Esta tarea contempla también los espesores de los estratos, su rumbo y buzamiento. Para este trabajo se emplearán fichas de campo diagramadas según los objetivos.
- En gabinete se procesará la información de campo capturada para determinar áreas de similares características geológicas e hidrológicas, para el análisis de estabilidad de los macizos, según los parámetros de clasificación MRM y SMR.

- Los resultados del paso anterior, permitirán elaborar un mapa geológico-geotécnico base de la traza del camino, empleando la simbología propuesta por en la *Guía para la Preparación de Mapas Geológicos Ingenieriles* (UNESCO 1976).
- Finalmente se concebirán las conclusiones sobre la situación de la estabilidad de los macizos por sectores de la traza y las propuestas de acciones de control en las partes que presenten mayor susceptibilidad de deslizamiento.

6. Objetivos específicos

El objetivo específico del trabajo es la caracterización geotécnica de los afloramientos rocosos que conforman los taludes del camino de acceso a la cumbre del cerro San Bernardo, para evaluar su potencial de inestabilidad y producir deslizamientos. La inestabilidad de laderas y taludes se puede definir como el movimiento de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad. En cuanto a los deslizamientos macizos de rocas estos normalmente están en función de las discontinuidades estructurales presentes.

Para lograr el objetivo propuesto, se debe luego de identificar los grupos de afloramientos presentes se procederá a caracterizar geotécnicamente los mismos y establecer el grado de estabilidad por sectores, para luego agruparlos en conjuntos de comportamiento geomecánico similar. La caracterización y clasificación de los macizos se efectúa mediante los sistemas de clasificación geomecánicos existentes, sobre la base de las condiciones geológicas del entorno y el análisis de las discontinuidades presentes en los afloramientos rocosos.

Para este propósito, se empleará el método de análisis conocido como **Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR (*Slope Mass Rating Index*)** (Romana 1985), que parte de la **Clasificación Geomecánica RMR (*Rock Mass Rating System*)**, o clasificación geomecánica de Bienawiski (1983), y sus modificaciones posteriores. El RMR, consiste en la base de la metodología de estudio que permite una clasificación previa de los afloramientos de rocas "in situ". Esta metodología, también se utiliza para la clasificación de los macizos rocosos para la construcción de túneles, de calidad de taludes y de cimentaciones, mediante la determinación del índice de calidad RMR

que es independiente de la estructura, y es corregido por un factor de seguridad.

Es decir que para lograr la caracterización y agrupamiento de los macizos rocosos presentes en el camino de acceso, se partirá de la clasificación RMR propuesta por Bieniawski (1983; 1989) también conocida como sistema de clasificación CSIR, para luego determinar su grado de inestabilidad, de acuerdo con la metodología planteada por Romana (1993) mediante el Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento SMR, que resulta de una adaptación de la primera para el análisis de la estabilidad de taludes rocosos. Finalmente luego de realizado el análisis de estabilidad de los afloramientos se elaborará un mapa de riesgos, agrupando los macizos rocosos con idénticas condiciones geomecánicas y de estabilidad y, las posibles medidas correctivas para los sectores inestables.

El SMR es una herramienta muy práctica para la valoración preliminar de la estabilidad de taludes rocosos según un conjunto de reglas simples que la gobiernan, en base a la medición de ciertos parámetros de las discontinuidades presentes en los macizos rocosos. No es un sustituto del análisis de detalle que requiere el estudio de taludes, pero puede considerarse como una herramienta sistemática eficaz para describir las condiciones del macizo rocoso. La determinación del SMR, consiste en realizar un ajuste del RMR, por medio de factores que dependen de la orientación relativa de las discontinuidades presentes, donde se agrega un factor extra que es función del método de excavación, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Entonces la evaluación del Índice SMR de las juntas es igual al producto de los siguientes factores:

F1: depende del paralelismo entre las juntas y el rumbo de la cara del plano del talud. El rango varía entre 1.00 y 0.15. Estos valores están de acuerdo a la relación: $F1 = (1 - \sin A)^2$, donde *A* es el ángulo entre la cara del plano de deslizamiento y la discontinuidad.

F2: se refiere al ángulo de inclinación de la discontinuidad y la forma del plano de falla. En un sentido, es una medida probable de la resistencia a la compresión de la discontinuidad. Su valor varía entre 1.00, para juntas con buzamiento mayor que 45°, y 0.15; para juntas con

buzamiento menor 20° . Según la relación $F2 = (tg^2 B_j)$, que denota el valor del ángulo de inclinación de la junta.

F3: refleja la relación entre la inclinación de la cara de deslizamiento y la inclinación de las juntas.

F4: es un factor de ajuste según el método de excavación que se empleó, fijado de manera empírica.

Las condiciones hidrológicas también se deben tener en cuenta, porque gobiernan ciertos casos de la estabilidad, y son función de las condiciones climáticas estacionales. De aquí la importancia de contar con datos de las precipitaciones.

El SMR toma diversos valores límites que denotan distintas condiciones de estabilidad, para diferentes modos de falla o rotura, así para valores de $SMR < 20$, la falla es muy rápida y para valores de $SMR < 10$, no se producen deslizamientos. Los valores del análisis a su vez permiten ponderar diversas medidas de remediación para soportar el talud inestable. Es decir que el sistema SMR permite realizar una clasificación geomecánica de los taludes y determinar un parámetro de riesgo de los mismos, de acuerdo con los valores que adopten los factores *F1*, *F2*, *F3*.

El análisis del potencial de inestabilidad de un talud rocoso no es una tarea sencilla y, requiere de un cuidadoso trabajo y observación de campo, para comprender la importancia de los factores de inestabilidad que actúan sobre el talud. El resultado puede ser un indicador útil de los límites que se debe imponer al destino de uso normal de un talud.

7. Síntesis del Plan de Trabajo

En primer lugar se realizará una recorrida de la traza del camino, para identificar los sectores de taludes rocosos presentes a lo largo de la misma, su constitución litológica, evidencias de la acción de fenómenos de la geodinámica externa e interna que actúan, como así también de evidencias de actividad antrópica que pueda haber contribuido a su inestabilidad. También se considerarán aspectos topográficos y estructurales de los taludes; como presencia de fallas, estratificación, pliegues, discontinuidades, cubierta vegetal, suelos y evidencias de flujo de agua, parámetros estos que influyen en la

inestabilidad de las masas rocosas. Con esta información se confeccionará un plano geológico de situación base.

Lo expuesto en el párrafo anterior permitirá, dividir la traza del camino en sectores de acuerdo con la litología de los afloramientos, de esta manera se sectorizará la misma en unidades elementales de acuerdo a patrones geológicos según las condiciones actuales de los taludes o cortes existentes. Luego los macizos rocosos se clasificarán de acuerdo a las características geomecánicas de los mismos, en base al relevamiento de los parámetros que requieren los sistemas MRM y SMR. De esta manera se obtendrá un esquema sectorizado de la traza del camino en función de las características geomecánicas de los macizos rocosos.

Finalmente después de evaluar los parámetros geotécnicos obtenidos en función de los sistemas MRM y SMR, se clasificarán los taludes de acuerdo con su grado de estabilidad. Los resultados serán volcados en un mapa geotécnico de aptitud que definirá zonaciones en la traza del camino y se realizar las recomendaciones necesarias para evitar los riesgos de deslizamiento o minimizarlos.

8. Metodología

El análisis de la estabilidad geomecánica de los macizos rocosos está condicionado por un conjunto de limitaciones de orden práctico y económico, por lo que las evaluaciones se efectuarán de acuerdo a una metodología relativamente sencilla que proveerá de respuestas razonables a nivel de anteproyecto. Para este fin la mecánica de rocas ha desarrollado un conjunto de técnicas, basadas en características cualitativas e índices numéricos que inciden en el comportamiento del macizo rocoso.

Los métodos propuestos por Bieniawski (1979) y Romana (1993) para obtener el MRM y SMR respectivamente, requieren de la determinación de parámetros básicos que involucran aspectos de campo, laboratorio y gabinete, que seguidamente se describen.

8.1. Tareas de campo

Las tareas de campo, ya mencionados en los objetivos del trabajo, se llevaran a cabo de acuerdo con las técnicas de campo tradicionales de la geología aplicada, empleando brújula geológica, GPS, teodolito,

cintas métricas y otros elementos necesarios. Pero el aspecto fundamental del trabajo se relaciona con el relevamiento de las características de las discontinuidades presentes en los afloramientos de rocas, que comprende los siguientes parámetros:

Espaciamiento de las discontinuidades: es la distancia medida entre ellas a lo largo de una línea perpendicular a los planos de discontinuidad, donde se determinará el espaciamiento medio definido por Bieniawski (1989), que mediante el empleo de una cinta métrica consiste en contar a lo largo de un afloramiento rocoso el número de juntas en una distancia fijada, multiplicada por el coseno de los ángulos entre la normal a las juntas y el plano del afloramiento.

Estado de meteorización de las paredes de las discontinuidades: consiste en evaluar parámetros como: rugosidad, separación, tipo de material de relleno; persistencia y, alteración de las paredes, según las escalas propuestas por Bieniawski (1989). Estos son fáciles de chequear en campo, con cinco categorías, donde la naturaleza del o los rellenos gobierna el esfuerzo de corte de juntas no acopladas y es un parámetro relativo de la rugosidad.

Separación de las discontinuidades: es la distancia perpendicular entre las paredes de rocas de una junta abierta. La separación de juntas gobierna el desplazamiento necesario para movilizar la junta de *stress*.

Persistencia de las discontinuidades: esta condición según el esquema planteado por el ISRM, las clasifica en persistentes o continuas y no persistentes o no continuas.

Agua: las condiciones hidráulicas, que hacen referencia al potencial de flujo entre las discontinuidades, serán estimadas según la propuesta del RMR.

Orientación de las discontinuidades: este parámetro requiere de la orientación espacial de las familias de discontinuidades en base al buzamiento y la dirección de buzamiento, medidas con brújula geológica.

Orientación del talud: La orientación de los taludes se realiza según los valores medios estimados de las inclinaciones, donde el error debe estar dentro del rango de $\pm 5^\circ$.

La caracterización de los macizos, de acuerdo con el Índice de Calidad RMR se realizará en base a los seis parámetros propuestos por Bieniawski (1979): 1) Resistencia a compresión simple de la roca, 2) RQD (*Rock Quality Designation*), 3) Distancia de separación entre las discontinuidades, 4) Condición de las discontinuidades, 5) Flujo del agua subterránea en las discontinuidades y 6) Orientación de las discontinuidades.

El índice de calidad RMR varía entre 0 y 100, y define cinco clases de roca designadas con números romanos, que se corresponden con cinco calidades del macizo rocoso: I) Muy buena, II) Buena, III) Media, IV) Mala y V) Muy mala. Estos y los diferentes modos de falla, en la mayor parte de los casos son gobernados por las superficies de las discontinuidades.

Luego de definido el RMR, se evaluará la estabilidad de los taludes rocosos mediante la obtención del Índice de Evaluación de Masas de Deslizamiento (SMR Index), herramienta muy útil para la valoración preliminar de la estabilidad de macizos rocosos. El método se sustenta en reglas simples y proporciona pautas para resolver el problema. El método no es un sustituto del análisis riguroso que requiere el análisis de estabilidad de taludes, donde son necesarios métodos analíticos que combinan aspectos geológicos e ingenieriles, pero cumple con los objetivos propuestos.

8.2. Trabajos de Gabinete y Laboratorio

Si bien en base de los datos obtenidos según las metodologías expresadas en los apartados anteriores y con la información geológica de estudios anteriores, se puede proceder a la clasificación geomecánica de los macizos rocosos que conforman los taludes o laderas, son necesarios ciertos ensayos de laboratorio que requieren las metodologías de estudio, además de la identificación petrológica de las muestras.

La metodología de trabajo propuesta para la clasificación de los macizos rocosos y análisis de estabilidad, si bien es aparentemente simple no es fácil de aplicar, porque la obtención de algunos parámetros requiere de técnicas y ensayos que no están al alcance de las posibilidades académicas por los costos o la complejidad de los instrumentos necesarios. Por la razón expuesta se han desarrollado metodologías alternativas que simplifican la determinación de estos parámetros, como ciertos aspectos empíricos en base a la experiencia y

correlación de casos. Estas alternativas han proporcionado resultados bastante coherentes en su aplicación práctica.

Según lo anterior, la resistencia a la compresión simple puede estimarse mediante una cortaplumas o un martillo geológico, de acuerdo con el método propuesto por el ISRM (1978). La metodología indica que los resultados de laboratorio solo son necesarios en rocas blandas, puesto que para rocas duras los valores correlacionables no inducen a grandes errores. Algunos autores (Deere, 1966) han sintetizado los procedimientos y resultados de ensayos económicos, rápidos y fiables para obtener estimaciones de ensayos de compresión uniaxial.

En el caso de estimación del Índice de Calidad de las Rocas, RQD; que se basa en el porcentaje de recuperación de testigos de un sondeo, el cual depende indirectamente del número de fracturas y del grado de la alteración del macizo rocoso, Palmstrom (1975) propuso una correlación aproximada entre el RQD y el recuento volumétrico de discontinuidades por metro cúbico, cuando no se dispone de testigos de perforación. Este, entonces será estimado mediante observación directa de campo, según la fórmula alternativa:

$$\begin{aligned} \text{RQD} &= 115 - 3,3 \times J_v \quad (\text{RQD} > 100) \\ &= \sum v_i J_i / S \end{aligned}$$

donde J_v es el número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m^3 , y S es el espaciamiento medio en metros de las discontinuidades de la familia i (m).

9. Conclusiones y recomendaciones

Con la clasificación de los macizos rocosos y taludes por medio de los métodos MRM y SMR, que determina su comportamiento geomecánico y susceptibilidad al deslizamiento volcada sobre la cartografía base de la traza, se determinará una zonificación del camino de acceso al cerro San Bernardo. En esta se podrán observar sectores que de acuerdo con la naturaleza geológica y geotécnica resultaran en la diferenciación de áreas de mayor o menor peligrosidad en relación con la estabilidad de los taludes presentes y se propondrán las recomendaciones básicas dirigidas a minimizar el riesgo, como modificación de las inclinaciones de corte de los taludes existentes,

necesidad de encarar obras de remediación y otras recomendaciones que surjan del estudio.

Los resultados de este trabajo beneficiarán a varias instituciones gubernamentales, como el municipio capitalino, Dirección Provincial de Vialidad, Secretaria de Obras Públicas de la provincia y otros, quienes podrán contar con un diagnóstico base de las características geomecánicas de los macizos rocosos que conforman la traza del camino de acceso al cerro San Bernardo y la potencialidad de riesgos que estos implican. Estos podrán planificar tareas de remediación de taludes inestables y de esta manera resguardar la seguridad de la población y turistas que hacen uso de la traza. También podrá utilizarse como base para la planificación territorial.

Bibliografía

- Bassi et al. Estabilidad de la ladera occidental de la sierra de Mojotoro entre los paralelos 24° 46' 46" y 24° 07' 42" de latitud sur, *IV Reunión de Estudiantes de Geología*, 1996.
- Bianchi, A. R. y Yañez, C.E. Las precipitaciones del Noroeste Argentino. INTA, Salta, 1992.
- Bieniawski, Z.T. Rock Mass Classification in Rock Engineering. Exploration for Rock Engineering, Ed. Z. T. Bieniawski, A.A. Balkema, Johannesburg, pp. 97-106, 1976.
- Bieniawski, Z.T. The Geomechanics Classification in rock engineering applications. En *Proc. 4 th Int. Congr. Rock Mech.*, Montreux, pp 55-95. Balkema, Rotterdam. 1979.
- Bieniawski, Z.T. The Geomechanics Classification (RMR System) in Design Applications to underground Excavation. *Proc. Int. Symp. Eng. Geol. Underground Constr.* A. A. Balkema, Rotterdam; pp. 1.33-1.47, 1983.
- Bieniawski, Z.T. *Engineering rock mass classifications. A Complete Manual for Engineeris and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering.* John Wiley & Sons, New York, 1989.
- Cabrer,a A. y Willink, A. Biogeografía de America Latina. Secretaría OEA, Programa Reg. De Desarrollo Cientifico y tecnológico. Monografías, nº 13, 1980.

- Cerúsico y Bocca. La Problemática Geoambiental del cerro San Bernardo en la ciudad de Salta. *XI Reunión de Estudiantes de Geología*, 2004.
- Cueto Vilches, J. El diaclasamiento de las formaciones rocosas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Salta. Inédito. 1969.
- Chafatinos, T. y Nadir, R.A. *Riesgos de erosión e inundaciones en el Cerro San Bernardo*. Monografía, Cátedra de Suelos, Escuela de Geología, UNSA, 1972.
- Deere, P.V. Technical description of cores for engineering purposes. *Felsmech Ingenieurgeol.* 1, 16-22, 1966.
- International Society for Rocks Mechanics. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rocks masses. *Int. J. Rock Mechanics and Min. Sci.* Vol-15, 319-318, 1978.
- International Society for Rock Mechanics. Basic Geotechnical Description of Rocks Masses. *Int. Journal Rock Mech.. Min. Sci.* 18, pp.85-110, 1981.
- Marcuzzi, J.J., Argañaraz, R.A., Bejerman, N.J. y Battaglia, R.R. El Empleo de Mapas Temáticos Geológicos Geotécnicos para la Planificación Urbanística de la Ciudad de Salta. *Pub. Esp. Asoc. Arg. Geol. Aplic. Ing.*, 1, pp 151-165, Córdoba, 1993.
- Marcuzzi, J.J., Wayne, W. y Alonso, R. Geologic Hazards of Salta Province, Argentina. *7th Congress of International Assoc. of Engineering Geology*, Lisboa, 5-9 Sept. 1994
- Marcuzzi, J.J. *Informe sobre las Características Geotécnicas y Riesgos Geológicos en las laderas de los Cerros San Bernardo y 20 de Febrero, de la ciudad de Salta*, Sec. de Obras Públicas de la Municipalidad de la ciudad de Salta. Decreto P.E.P. N°1783/93. Inédito, 1994.
- Marcuzzi, J.J. *Informe del Desarrollo Urbano y las características geotécnicas de los suelos y riesgos geológicos de la ciudad de Salta*. Sec. de Obras Públicas de la Municipalidad de la ciudad de Salta. Decreto Municipal N°443, Inédito, 1994.
- Marcuzzi, J. J., Nadir, A., Alonso, R., Peralta, M. y Argañaraz, R. Riesgos Geoambientales y Ordenamiento Territorial del Gran Salta. *Actas del XIII Cong. Geol. Arg. y III Cong. de Expl. de Hidrocarburos*, IV:463-479, 1996.
- Marcuzzi J.J., Torrejón, D., Bejerman, N. y Costilla, M. Geotechnical characterization of geoenvironmental units of the great Salta,

- Argentina. 8th Con. Of the Int. Assoc. For Eng. Geol. And Environment. Vancouver, Canadá. Poster Session. 1998.
- Marcuzzi, J.J. Geotechnics Aspects and Geological Hazards of Salta City, Salta County, Argentina. *AEG Annual Meeting*, California. USA, 2000.
- Palmstrom, A. *Characterizing the degree of jointing and rock mass quality*. Internal report. Berdal, Oslo, 1975.
- Reese Voshell, J. Jr., Smith, E., Evans, S. y Hudy, M. Effective and Scientifically Sound Bioassessment: Opinion and Corroboration from Academe. *Human and Ecological Risk Assessment*. Vol 3, (6): 941-954, 1997.
- Romana M. New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. En *Proc. Int. Symp. On the Role of Rock Mech.*, pp 49-53, Zacatecas, 1985.
- Romana, M. A geomechanics classification for slopes: Slope Mass Rating. *Comprehensive Rock Engineering*. Vol 3, 575-600, Pergamon, 1993.
- Ruiz Huidobro O. y González Bonorino, F. La Estructura de la Sierra de Mojotoro y la Utilidad de la Cruziana como Indicador Estructural. *RAGA*, T VIII, n 4, pp 217-219, 1953.
- Ruiz Huidobro O. *Descripción Geológica de la Hoja 7e, Salta. Provincias de Salta y Jujuy*. Instituto Nac. de Geología y Minería. Ministerio de Economía y Trabajo. Buenos Aires, 1968.
- UNESCO. *Engineering Geological Maps: A guide to their preparation*. The UNESCO Press. 15, Suiza, 1976.

Inteligencia Ambiental y Nanotecnología: El Paso del Bit al Átomo

Verónica M. Venturini*

veronica.venturini@gmail.com

Resumen

El avance de internet a la web 2.0 ha dejado abierto el camino para dar lugar a la web 3.0 o “el internet de las cosas”, ahora denominada Inteligencia Ambiental. Hablamos de un escenario con sensores inmersos por todo el entorno. Cada uno de estos dispositivos requiere de la mayor miniaturización posible, pero con un alto rendimiento en cuanto a procesamiento y almacenamiento de datos. En vista a la construcción de dichos dispositivos, se estudia la nanotecnología, la cual está dando lugar a la transición del bit al átomo.

Palabras claves: inteligencia ambiental, fibras inteligentes, nanotecnología, nanociencia, nanomemoria.

1. Introducción

En el pasado, la producción de PCs en masa, la infraestructura de Internet y la telefonía celular, impulsaron el crecimiento de la industria de los semiconductores. Hoy en día, estamos entrando a un mundo, en el cual los objetos a nuestro alrededor se convierten en microsistemas inteligentes que interactúan, a través de sensores y actuadores

* La autora es Ingeniera en Informática por la Universidad Católica de Salta y Máster en Ciencia y Tecnología Informática por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), en el área de Inteligencia Artificial. Pertenece al grupo de Investigación GIAA (Grupo de Inteligencia Artificial Aplicada) de la UC3M, donde se encuentra desarrollando su tesis doctoral relacionada a Sistemas Multi-Agentes para entornos de Inteligencia Ambiental. Además es profesora de Ingeniería Informática en la Universidad Católica de Salta.

inalámbricos, con otros dispositivos y con la gente. Estamos inmersos dentro de un entorno inteligente.

Cuando hacemos referencia a ambientes inteligentes, debemos aclarar un concepto relevante, el de la Inteligencia Ambiental (Aml). La Aml (Peters 2004) representa un entorno natural con tecnología oculta, a diferencia de las cajas electrónicas a las que los consumidores están acostumbrados. Ahora bien, para ello, con el afán de llegar a todos los escenarios posibles, la interfaz hombre/máquina tiene que ser muy simple y la tecnología debe estar disponible en todo momento. Un claro ejemplo, y bastante familiar, es el airbag de los automóviles.

Por su parte, tanto en el área de la medicina como en el de los cuidados de la salud, se espera un gran cambio para las generaciones venideras, lo que trae aparejado la necesidad de cambios en las capacidades de computación y de redes disponibles hoy en día. La *nanotecnología*, en cuanto a salud se refiere, es quien juega un rol fundamental en todo ello. Es la ciencia del futuro que nos lleva a la miniaturización, con alto grado de procesamiento de información. Peters (2004) afirma que la *nanotecnología* cobra relevante importancia tanto en la administración de medicinas como en la realización de diagnósticos. Todo lo que se aplica en este ámbito de la medicina, es llevado a cualquier otro dominio. Las aplicaciones en el hogar, la oficina o el automóvil, requieren de plataformas con mayor precisión en el procesamiento de la información.

Ahora bien, según Peters, para alcanzar esta tecnología, es necesario combinar diferentes áreas y trabajar con distintos especialistas, como por ejemplo, gente de la medicina, diseñadores de sistemas, desarrolladores de software, ingenieros electrónicos, diseñadores de chip, entre otros. De esta manera es posible asegurar la construcción de sistemas complejos y chip digitales que puedan funcionar de acuerdo a las necesidades de aplicación.

Los recientes desarrollos en micro y nano tecnología, el poder de cómputo actual y la comunicación inalámbrica proveen la plataforma ideal para las medidas biomédicas, el monitoreo de la salud y en general, la asistencia a los humanos. Es así como surge la *Nanociencia* (Fanet 2005), definida como la ciencia que estudia las propiedades físicas, químicas y biológicas de los nano-objetos, además de analizar cómo producirlos, y cómo pueden ser ensamblados por la autoorganización. Y dentro de esta ciencia revolucionaria, surge la *Nanotecnología* (Fanet 2005), la cual cubre todos los métodos que

pueden ser usados para trabajar a una escala molecular para reorganizar los componentes de los objetos y materiales, incluso progresando a la escala macroscópica.

En este trabajo se analizará el actual desarrollo y la integración de micro y nano tecnologías que permiten la visión de futuro de la inteligencia ambiental. Los Sistemas de Inteligencia Ambiental están totalmente abiertos a nuevas posibilidades para futuras aplicaciones y a mercados resultantes. Estos sistemas crean entornos inteligentes que se adaptan continuamente a las necesidades del individuo en la vida cotidiana. Además, aprenden y evolucionan para anticipar las necesidades del usuario. En el presente trabajo, hablaremos de las investigaciones en curso en las áreas de sensores, la comunicación, el embalaje y la infraestructura de hardware necesarios para el desarrollo de ambientes con aplicaciones inteligentes.

2. Inteligencia Ambiental

“Inteligencia Ambiental” es una frase utilizada para describir un mundo en el cual lo “inteligente” se encuentra embebido prácticamente en todo lo que nos rodea (van Houten 2005). En este nuevo mundo del software inteligente las computadoras monitorean nuestras actividades, rutinas y comportamientos para predecir lo que nos gustaría realizar en un instante de tiempo con el objetivo de facilitarnos las tareas cotidianas. Es decir, son entornos digitales que son sensibles y que reaccionan a la presencia de personas (van Houten 2005). No se trata de una visión puramente técnica, sino de una visión orientada a los humanos. La dimensión emocional es crucial. En este sentido, puede ser visto como un espejo del mundo de la computación discreta presentada por Mark Weiser en 1993, y de la visión sociológica de la interacción humano-medio de Nass y Reeves (1998). ¿Qué se necesita para que un entorno sea verdaderamente un "ambiente inteligente"? Un requerimiento clave es que muchos dispositivos invisibles o discretos deberían distribuirse en todo el entorno, para poder conocer el estado actual de la persona. Estas unidades deberían ser personalizadas, de manera tal que sus funciones se adapten a las necesidades específicas del usuario. Además, deben ser adaptativas, es decir permitir el aprendizaje y el reconocimiento de personas. Y, en última instancia, deben ser anticipadas, es decir, conocer los deseos del usuario previamente, sin necesidad de que haya ingresado datos para dicho fin.

En relación a las comunicaciones y las interfaces de convergencia y adaptación del usuario, la Aml promete una mayor facilidad de uso en un entorno capaz de reconocer y responder a la presencia de diferentes individuos de una manera fluida, discreta y, a menudo, invisible. Si bien la mayoría de los participantes hablan de "la Aml en colores", también hay un lado oscuro de la Aml (Wright et al. 2008), pues no se sabe hasta donde se podrá llegar con la creación de hardware de alto rendimiento para su implementación.

Se espera que en un futuro cercano, todos los productos manufacturados – nuestras ropas, dinero, aparatos, las pinturas de nuestras paredes, las alfombras del piso, nuestros automóviles – lleguen a nosotros embebidos de inteligencia, de redes de sensores y actuadores diminutos, que algunos han denominado "partículas inteligentes" o el "Internet de las Cosas". El mundo de la Aml no es tan lejano. El mercado cuenta al momento de sistemas de vigilancia, biometría, comunicadores personales, aprendizaje automático y más.

En pocas palabras, el ambiente inteligente (Wright et al. 2008) nos proveerá de servicios personalizados – que sabrán más sobre nosotros - en una escala diminuta hasta ahora no disponible.

3. Aplicaciones de la Inteligencia Ambiental

En este apartado, vamos a focalizarnos en escenarios claves de Inteligencia Ambiental, para posteriormente analizar cuales son los requerimientos de hardware de este nuevo paradigma, y como la tecnología micro-nano, puede ayudar en su avance.

En (ISTAG 2001) se describen distintos escenarios de cara al manejo de la información en el futuro dentro del ambiente de la Aml. A continuación se presentan, y posteriormente se narran otros escenarios planteados para el cuidado de la salud.

3.1. María y su P-Com

María arriba al aeropuerto de un país. Ella sabe que ahora puede viajar más ligera que una década atrás, pues al menos, la información personal es totalmente digital, ya no le hace falta cargar con su pasaporte, papeles del visado, ni tampoco con esa cantidad de aparatos electrónicos (portátiles, teléfono móvil, agendas electrónicas, etc). Su sistema de computación para este viaje se reduce tan solo a

una unidad de comunicación altamente personalizada, su P-Com, que lleva en su muñeca.

María ha alquilado un vehículo. Con sólo pulsar un botón de su P-Com, el coche se abre a medida que ella se acerca. Ya no es necesaria una llave. Ella tiene una reserva en el estacionamiento del hotel. Esto normalmente tiene un costo adicional, pero su agente software inteligente personal, se encarga de negociar con el agente de la agencia de alquiler y con la cadena hotelera.

Una vez que baja del vehículo estacionado, un conserje la recibe y la acompaña a su habitación. Cuando ingresa, las condiciones del lugar se personalizan de acuerdo a cual es la temperatura habitual, las luces, la música que prefiere, y hasta puede elegir algún video para reproducir en la pantalla. Pero decide llamar a su hija, para lo cual utiliza el control remoto e inicia una video conferencia a través de dicha pantalla.

3.2. Dimitrios y el Digital-Me

Son las cinco de la tarde. Dimitrios, un empleado de 32 años de antigüedad del mejor restaurante multinacional, se encuentra en la cafetería con su jefe y algunos colegas. No quiere excederse en esa pausa, por lo tanto se encuentra recibiendo todo el tiempo llamadas y mails.

El se siente 'orgullosa' de estar en comunicación con 'la humanidad', al igual que muchos de sus amigos. Dimitrios se está agotando; un conjunto de sensores, embebidos en la ropa (o en su propio cuerpo) se percata de ello, y una voz activa su avatar digital, familiarmente conocido como 'D-Me' o 'Digital Me'. Un D-Me es un dispositivo de aprendizaje, aprendizaje acerca de Dimitrios y su interacción con el medio ambiente. A la vez este es un dispositivo que actúa ofreciendo otras funcionalidades, como ser comunicación, procesamiento y la toma de decisiones. Dimitrios ha tenido que configurar o programar algunos detalles, pero sólo al principio. Sabe que hoy en día puede actualizar esos datos iniciales periódicamente, pero no lo hace, pues confía plenamente en que su D-Me lo ha hecho por él. Dimitrios se basa en las reacciones inteligentes de este dispositivo.

En un momento el D-Me de Dimitrios recibe una llamada de su esposa, y le responde explicando el porqué de su retraso. Mientras, también llega un mensaje del D-Me de una persona anciana que se encuentra en la estación de metro y ha olvidado en casa su medicina, y

desea saber cuál es el camino más corto para encontrar una farmacia que disponga de la misma. Como el D-Me de Dimitrios sabe que es la misma medicina que utiliza su jefe, se contacta con el D-Me de este hombre para aconsejarle.

3.3. Tecnología para Toilets Inteligentes

En el marco de trabajo del proyecto *Friendly Rest Room* (FRR), financiado por la Unión Europea, se han desarrollado y evaluado distintos prototipos de toilets adaptados a las necesidades de ancianos y discapacitados (Edelmayer et al. 2005).

Estos prototipos de toilets inteligentes y amigables para el usuario, son capaces de ajustarse automáticamente a las necesidades individuales del usuario, en particular a las personas con discapacidades o a los ancianos, gracias a la aplicación de las tecnologías de sensores integrados. Un alto porcentaje de la población mundial se encuentra en estas condiciones, lo que las obliga a permanecer en casa, en vez de poder hacer una vida normal. Por ello, este proyecto se enfoca a la creación de toilets inteligentes en sectores públicos (museos, aeropuertos, geriátricos, etc).

En cuanto a hardware, los sensores utilizados en el prototipo son: *Sensores de posición*, para medir la altura y la inclinación del asiento; *Sensores de fuerza*, llevan la distribución de la fuerza de acuerdo a la actividad de la persona, por ejemplo al sentarse, acomodarse o pararse; *Sensores de seguridad*: para reconocer fallas y disparar una alarma en caso de emergencia; el *Sistema RFID*: se utiliza la tecnología de etiquetas RFID para recolectar las preferencias del usuario (ej. Altura predefinida, inclinación, etc.). El módulo de lectura trabaja a 125 kHz con una antena simple usada para detectar las etiquetas RFID de los usuarios del sistema. Cuando el usuario entra al toilette, es detectado por el sistema y sus configuraciones de preferencias pueden ser evocadas.

RFID (siglas de *Radio Frequency IDentification*, en español: Identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, similar a una pegatina, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Cada etiqueta contiene

una antena que permite recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

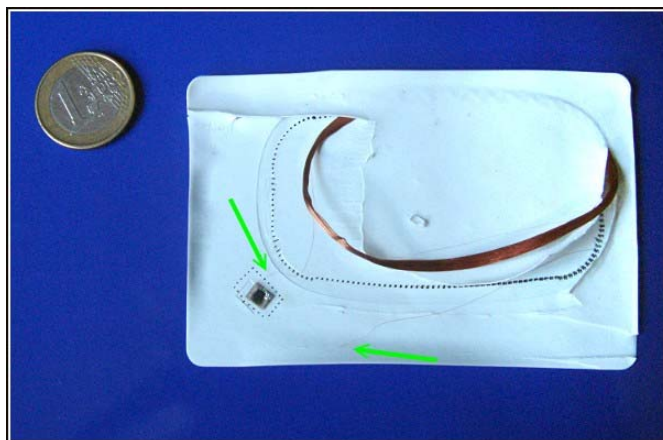


Figura 1: Comparación de un chip RFID con una moneda de un euro.

Actualmente el sistema es evaluado en un centro de cuidados de pacientes con esclerosis múltiple y los resultados muestran que logra mejorar la calidad de vida del paciente.

3.4. Sensores textiles en cubrecamas

Los ancianos en cama tienen tendencia al decúbito, incontinencia, pérdida de consciencia, sudoración, ritmo cardíaco alto y condiciones similares. Las personas con demencia tienden a escaparse de la cama (Richter y Möbius 2005). Una vigilancia regular, hace posible conocer el estado actual del paciente y si es necesario activar una respuesta. La medición rápida de ciertos parámetros (temperatura, presión, humedad, etc.) sirve como base para las decisiones requeridas.

El sistema desarrollado para asistir al cuidado de este tipo de personas, consiste en un cubrecama con sensores, un dispositivo electrónico para el procesamiento de señales y una Pc para almacenar y procesar los datos. Los sensores del cubrecama deben ser muy pequeños, o directamente, venir incluidos desde su fabricación textil como se explica a continuación en el análisis de la *ropa inteligente*.

Un grupo de científicos estadounidenses ha desarrollado nuevas fibras, similares a un cepillo (Figura 2), capaces de generar energía eléctrica con el movimiento. Al tejer estas fibras se podría permitir a los diseñadores crear ropa "inteligente" que con el movimiento del cuerpo, generaría energía para poder hacer funcionar aparatos electrónicos portátiles. La circulación del aire, las vibraciones, entre otras, son energía mecánica que puede ser utilizada para suministrar carga a varios dispositivos.

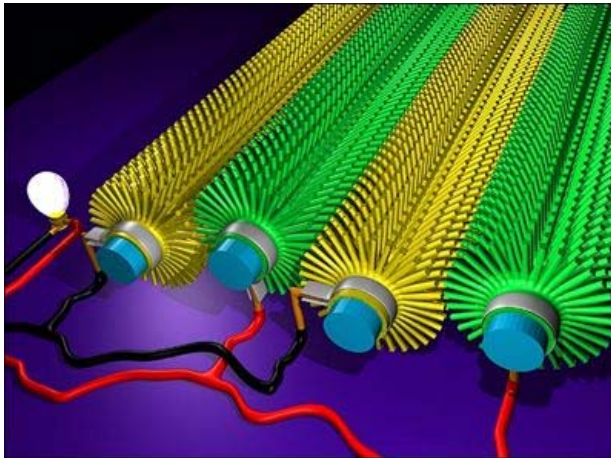


Figura 2: Nanofibra.

Cada microfibras consiste en un tallo de fibra de Kevlar y en una serie de cerdas de nano alambre de óxido de zinc. En cada par de fibras, una está recubierta de oro (amarillo), que al friccionarse con las fibras sin recubrimiento (verdes) produce electricidad (News Soliclima 2008).

3.5. Ropa Inteligente y Dispositivos Asociados para el Seguimiento Biomédico Ambulatorio

En el apartado anterior hemos presentado un nuevo concepto que revolucionará la industria textil: las fibras inteligentes. En el siguiente caso de estudio, mostramos la aplicación de dichas telas en la construcción de la vestimenta cotidiana.

Los cambios en la sociedad actual están relacionados con los cambios en el estilo de vida (Dittmar y Lymberis 2005), la necesidad de bajar los costos en el cuidado de la salud, la mejora y el monitoreo de la calidad de la misma, y enfoques relacionados a su prevención.

Además, los pacientes y consumidores de la salud están a la espera de métodos sin dolor, que no sean traumáticos ni invasivos, para el diagnóstico y tratamiento, cuidado en el hogar, métodos ambulatorios, estadías cortas en el hospital, uso de la telemedicina, rehabilitación, información y tratamientos.

La ropa inteligente que está en contacto con todas las fuentes de información, nos da la posibilidad de ubicar los sensores de manera no invasiva, para intentar dar solución al sector de la salud. Estos sensores tienen que ser delgados, flexibles y compatibles con lo textil, o contruidos usando tecnología textil, nuevas fibras con propiedades específicas: mecánicas, eléctricas, ópticas, entre otras cuestiones.

Las investigaciones van en 2 directrices, por un lado, proveer de mayor relevancia a cada sensor y por otro, incrementar la cantidad de sensores para tener mayor control global y robustez en la información.

La ropa inteligente biomédica, actúa como una interfaz humana para incrementar el conocimiento sobre la salud y trasladar ese conocimiento en una retroalimentación personalizada al usuario, en cualquier situación: en materia de salud, para ciudadanos en riesgo y en actividades profesionales, deportivas y militares.

3.6. Nuevas fibras, nuevas funciones

En este desarrollo, la industria textil juega un rol importante. El 90% del cuerpo se encuentra en contacto con un trozo de tela. Por lo tanto, sensores, micro sensores y micro sistemas, pueden ser incluidos fácilmente en las telas debido a pequeños tamaños y flexibilidad que ofrecen, como comentamos en la sección anterior. Ahora bien, hay dos tipos de ropa inteligente:

1. Ropa inteligente con sensores cerca de la piel, de uso biomédico. Los sensores se incluyen en la capa de tejido o en su superficie o es el tejido mismo que se utiliza como sensor. Los sensores están ubicados en el lugar correcto, están protegidos, no son visibles, por lo tanto discretos, se adaptan al monitoreo.
2. Ropa inteligente con dispositivos de bolsillo (los sensores vienen incorporados en los bolsillos de las prendas desde fábrica): Muchas nuevas funciones pueden agregarse a la ropa usando micro-tecnología, radio, computadoras, pantallas flexibles de TV, teléfonos celulares, pero también células solares y sistemas

recuperadores de energía y teclados flexibles. Algunos de estos dispositivos usados para monitoreo, pueden ubicarse en bolsillos especiales de la ropa (GPS, detectores de caída, registradores de datos, acelerómetros, detectores de actividad).

Los datos que suministran ambos tipos de vestimentas, proporcionan datos sobre posición del cuerpo, saturación del oxígeno en la sangre, respiración abdominal, electrocardiogramas y diagnósticos de sueño entre otros.

4. La necesidad de la nanotecnología en la Inteligencia Ambiental

4.1. Nuevas interfaces, nuevas tecnologías

Las actuales interfaces hombre-máquina son pobremente adaptables a las unidades móviles del futuro. Las pantallas consumen mucha energía y los teclados no son cómodos. Las nuevas interfaces deben ser concebidas, incorporando imágenes de retina, reconocimiento de voz y enlaces directos a la actividad neuronal. Las nanotecnologías ofrecen ventajas obvias en dichos campos, y especialmente en la biología. Estas interfaces precisan nuevas arquitecturas y mayor sinergia entre el software y el hardware. Es bueno saber que cuando el consumo de energía de un sistema tiene que ser reducido, el ahorro más importante de energía se consigue al llevar el procesamiento al nivel del sistema, es decir, reduciendo el intercambio de datos y el ajuste dinámico de parámetros funcionales. Estos estudios son actualmente llevados adelante por el LETI (Electronics and Information Technology Laboratory) y el LIST (Systems and Technology Integration Laboratory), ambos de la CEA (Comisión de Energía Atómica de Francia).

4.2. Tecnología necesaria para la Aml

En los principios de la industrialización, los sensores de datos empezaron a comunicarse usando el concepto de neumáticos (Delsing y Lindgren 2005). Seguidamente surgió el paradigma de la señal eléctrica para la comunicación de los sensores. Después de esto, con la introducción de las computadoras y la electrónica digital, los sensores empezaron también a ser digitales. Los altos requerimientos de la Aml necesitan de avances tecnológicos a gran escala.

A continuación se destacan algunos puntos indispensables a tener en cuenta para el desarrollo de la Inteligencia Ambiental:

- El principal requisito es lograr un tiempo de vida mayor a 5 años.
- El tiempo de respuesta en la red depende de los tiempos de respuesta de los sensores físicos, del sistema de sensores y de la latencia de la red. En este sentido cobra relevancia el protocolo de comunicación, el cual debe manejar apropiadamente el procesamiento de la señal y el empaquetado de datos.
- Otro punto está en la miniaturización de los sensores distribuidos: el problema general es analizar cuán pequeño se puede hacer un dispositivo EIS (Embedded Internet System) y qué funcionalidades requiere.
- Es necesaria una red ad hoc: la idea se centra en que cada dispositivo podría tener una dirección IP, pero en el nivel más bajo del modelo OSI surgen algunas cuestiones a resolver como ser: de qué manera establecer la conexión de red, cómo distribuir los números de IP y cómo asegurar el direccionamiento en IPv4. Para llevar a cabo esta idea, se considera necesario que el servidor de DNS sea capaz de reconocer los números IP del EIS y a la vez, que estén disponibles a través de Internet. Quizá sea una aproximación demasiado ambiciosa, pero no imposible.

La demanda en cuanto a velocidad de conexión y continuidad de información a manejar en los años venideros, requiere de grandes esfuerzos y alto rendimiento en el diseño de hardware. La convergencia entre la computación, las telecomunicaciones y la multimedia se encuentra actualmente bajo el camino de nuevos escenarios, como ya hemos mencionado, los escenarios de la Inteligencia Ambiental (Fanet 2005).

El futuro de los sistemas de comunicación se analiza desde el punto de vista de la integración de los humanos en la www. Con lo cual en este tipo de sistemas complejos debe involucrarse tres conceptos principales (Fanet 2005): el nodo fijo, el nodo móvil y los dispositivos de comunicación.

El nodo fijo (denominado también watt node): es una estación de procesamiento de datos combinada con más capacidad de almacenamiento que permite procesar volúmenes de datos de entrada enviados sobre INTERNET y redireccionados a todo tipo de objetos de

comunicación. Su poder computacional debe ser superior a los 100 Gops/watt², lo que es 3 veces mayor magnitud de los microprocesadores de las PCs actuales, y almacenamiento mayor a los terabytes (Tb), lo que corresponde a la grabación de datos durante todo el tiempo de vida del usuario. Un nodo de este tipo puede ser un dispositivo de hardware de una casa inteligente o un integrado de un vehículo inteligente.

El nodo móvil: cómo se maneja el almacenamiento de datos en la nanotecnología. El nodo móvil, también denominado milliwatt node, es un sistema móvil de alto rendimiento que permite interactuar con otros nodos y procesar el almacenamiento y la transmisión de datos localmente. El poder computacional de difusión es entre 10 y 100 Gops/w. Pero aún falta integrar una memoria no volátil de bajo costo para tomar datos del entorno local, como backup para los transistores ultra pequeños (Nanotransistores). Toda persona llevaría un Asistente Universal Personal (UPA), a batería o a pilas. Este proveería de una conexión inalámbrica multimodo adaptativa y banda ancha a la web, para el espacio personal, y para la Red de Area Corporal (BAN). Nótese que un UPA tiene que lograr un conjunto de tareas dinámicas concurrentes en tiempo real que se adapte a los deseos del usuario, y a los servicios provistos por el entorno.

La unidad de comunicación embebida: Arrancando desde los tag RFID hasta los sensores del entorno, los dispositivos de comunicación embebidos son hardware de muy bajo costo (1 euro por unidad), abastecidos de una fuente de energía autónoma que dura todo su tiempo de vida. Se trata de encontrar una novedosa combinación de tecnologías alrededor de la CMOS, para el diseño de sensores para Aml que sean de ultra-baja-potencia, ultra-simples y de ultra-bajo-costo.

5. Nanociencia

5.1. Nanotecnología

En las secciones anteriores hemos mencionado el concepto de nanotecnología, derivado de la nanociencia (Zhang 2008). En esta sección introducimos algunos conceptos teóricos en dicha área.

² 1 Gops = 1 billón de operaciones por segundo

La *nanociencia* está unida en gran medida desde la década de los 80 con Drexler y sus aportaciones a la "nanotecnología molecular", esto es, la construcción de *nanomáquinas* hechas de átomos y que son capaces de construir ellas mismas otros componentes moleculares. Se considera al premio Nobel de física en 1959 Richard Feynman como padre de la nanociencia. Feynman propuso fabricar productos en base a un reordenamiento de átomos y moléculas. Ese año escribió un artículo que analizaba cómo los ordenadores trabajando con átomos individuales podrían consumir poquísima energía y conseguir velocidades asombrosas.

A partir del concepto de nanociencia, nace el de *nanotecnología*. La *nanotecnología* es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a *nanoescala*, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a *nanoescala*, es decir de átomos y moléculas. En las investigaciones actuales se hace referencia a la nanotecnología en forma de motores moleculares, computación cuántica, etc.

Cuando se manipula la materia a una escala tan minúscula de átomos y moléculas, se obtienen fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, los científicos utilizan la *nanotecnología* para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas y muy útiles.

Para comprender el potencial de esta tecnología es clave saber que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala nanométrica, debido a efectos cuánticos. La conductividad eléctrica, el calor, la resistencia, la elasticidad, la reactividad, entre otras propiedades, se comportan de manera diferente que en los mismos elementos a mayor escala.

Estas nuevas estructuras con precisión atómica, tales como *nanotubos* de carbón, o pequeños instrumentos para el interior del cuerpo humano, pueden introducirnos en una nueva era, tal como señala Charles Vest (ex-presidente del MIT). Los avances *nanotecnológicos* protagonizarían de esta forma la sociedad del conocimiento con multitud de desarrollos y gran repercusión en su instrumentación empresarial y social.

Un concepto que nos aclara un poco las dimensiones a las que nos estamos refiriendo, es el de las *nanopartículas*. Las *nanopartículas*

(Fanet 2005) son tan pequeñas como los glóbulos rojos; 1 *nanómetro* es equivalente a 10^{-9} metros. Esta es la unidad maestra de la *nanociencia* y la *nanotecnología*, donde se usará el prefijo *nano*.

Existe un gran consenso de que la *nanotecnología* nos llevará a una segunda revolución industrial en el siglo XXI tal como anunció hace unos años, Charles Vest. Supondrá numerosos avances para muchas industrias y nuevos materiales con propiedades extraordinarias (desarrollar materiales más fuertes que el acero pero con solamente el diez por ciento de su peso), nuevas aplicaciones informáticas con componentes increíblemente más rápidos o sensores moleculares capaces de detectar y destruir células cancerígenas en las partes más delicadas del cuerpo humano como el cerebro, entre otras muchas aplicaciones.

5.2 Nanotubos

A modo informativo, introduciéndonos un poco más en la química, definimos a los **nanotubos** (Wikipedia: Nanotubo, 2008) como aquellas estructuras tubulares cuyo diámetro es del orden del nanómetro. Existen nanotubos de muchos materiales, tales como silicio o nitruro de boro pero, generalmente, el término se aplica a los nanotubos de carbono (Figura 3).

Los **nanotubos de carbono** son una forma alotrópica del carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos. Su estructura puede considerarse procedente de una lámina de grafito enrolladas sobre sí misma. Dependiendo del grado de enrollamiento, y la manera como se conforma la lámina original, el resultado puede llevar a nanotubos de distinto diámetro y geometría interna: *nanotubos monocapa* y *nanotubos multicapa*. Se conocen derivados en los que el tubo está cerrado por media esfera de fullereno, y otros que no están cerrados.

Los nanotubos suelen presentar una elevada relación longitud/radio, ya que el radio suele ser inferior a un par de nanómetros y, sin embargo, la longitud puede llegar a ser incluso de 10^5 nm. Debido a esta característica se pueden considerar como unidimensionales. A continuación se detallan las propiedades de los nanotubos extraídas de Wikipedia (Wikipedia: Nanotubo, 2008), sólo para poder comprender mejor su gran potencial:

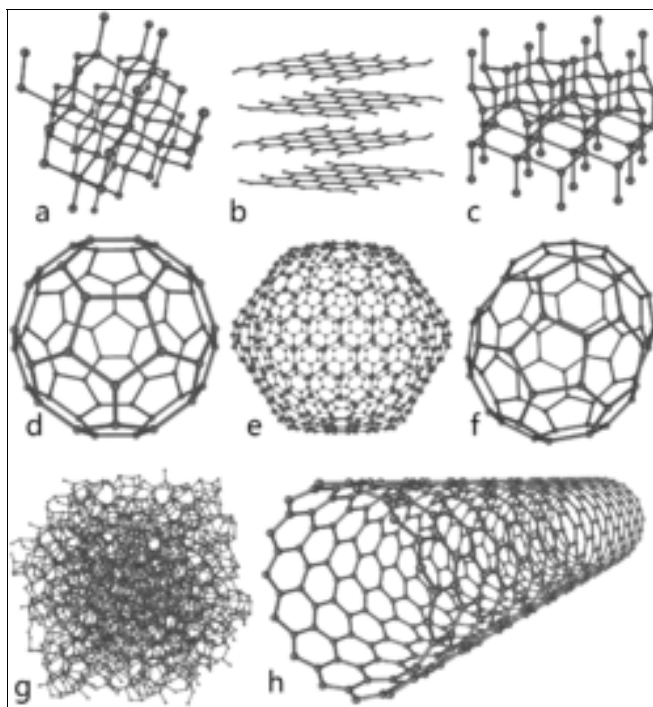


Figura 3: Nanotubos de carbono

- **Propiedades eléctricas:** Los nanotubos se caracterizan por presentar una gran complejidad electrónica, si tenemos en cuenta las reglas cuánticas que rigen la conductividad eléctrica con el tamaño y la geometría de estos. Estas estructuras pueden comportarse, desde un punto de vista eléctrico en un amplio margen de comportamiento. Comenzando por el comportamiento *semiconductor* hasta presentar, en algunos casos, *superconductividad*. Este amplio margen de conductividades viene dado por relaciones fundamentalmente geométricas, es decir, en función de su diámetro, torsión (quiralidad) y el número de capas de su composición. Hay que destacar que los nanotubos superconductores se podrían utilizar para el estudio efectos cuánticos fundamentales en una dimensión, así como para la búsqueda de aplicaciones prácticas en la informática cuántica molecular. Esto es debido a que pueden actuar como “conductores cuánticos”. En cuanto a la capacidad para transportar corriente, se

sabe que puede llegar a cantidades de, aproximadamente, mil millones de amperios por centímetro cuadrado, mientras que los alambres de cobre convencionales se funden al llegar a densidades de corriente del orden del millón de amperios por centímetro cuadrado. También hay que decir que todas estas propiedades no dependen del largo del tubo, a diferencia de lo que ocurre en los cables de uso cotidiano.

- **Propiedades mecánicas:** La estabilidad y robustez de los enlaces, entre los átomos de carbono, les proporciona la capacidad de ser unas de las fibras más resistentes que se pueden fabricar hoy en día. Por otro lado, frente a esfuerzos de deformación muy intensos son capaces de deformarse notablemente y de mantenerse en un régimen elástico. En otras palabras, los nanotubos pueden funcionar como resortes extremadamente firmes ante pequeños esfuerzos y, frente a cargas mayores, pueden deformarse drásticamente y volver, posteriormente, a su forma original.

5.3. Aplicaciones

Entre las innumerables aplicaciones de los nanotubos, tales como biomedicina, automóviles, packaging, deportes, vamos a hacer hincapié en la electrónica y la informática, que son de mayor aporte para este trabajo:

- **Electrónica:** los nanotubos de carbono pueden desempeñar el mismo papel que el silicio en los dispositivos electrónicos pero a escala molecular, donde los semiconductores dejan de funcionar. Además, debido a que los avances en la industria electrónica se basan en la miniaturización de los dispositivos, que conlleva un aumento en el rendimiento de la velocidad de proceso y la densidad de los circuitos, será necesario utilizar nanotubos de carbono en su fabricación.
- **Informática:** Otros dispositivos que podrían experimentar grandes avances con la introducción de nanotubos de carbono en su construcción es, sin duda, la memoria de acceso aleatorio (RAM), que se describe en la sección siguiente. Teniendo en cuenta que las características de una memoria ideal de este tipo serían una gran capacidad de almacenamiento, un acceso a los datos rápido y aleatorio, un escaso consumo energético, un precio bajo por bit almacenado, una fácil integración en la tecnología de circuitos integrados y, a ser posible, la no volatilidad de los datos después de

apagar el ordenador, se han intentado diseñar memorias en cuyo funcionamiento juegan un papel esencial los nanotubos de carbono. Cabe destacar que los nanotubos de carbono se pueden utilizar para mejorar otros dispositivos como los circuitos integrados.

5.4. Miniaturización: La Nanomemoria

Para reducir el costo por unidad de superficie de memorias, se piensa en soluciones para combinar los nanocables y los nanotubos con las funciones de la CMOS convencional, permitiendo alcanzar 1 terabyte por cm^2 a un costo razonable (Fanet 2005). Con esta tecnología, las memorias moleculares pueden alcanzar incluso las más altas densidades pero todavía falta inventar como acceder a un punto de memoria.

La escala a *nanonivel* (De Man 2005) aumenta la variabilidad en el umbral de tensión, en la unidad y fuga de corriente, a medida que pasan a depender de la distribución estadística de átomos, moléculas y fotones.

En un laboratorio de IBM en Zurich, se trabaja en la miniaturización a nivel nanómetro del registro de datos. El sistema de almacenamiento se basa en un conjunto de 1024 agujas de AFM (Atomic Force Microscope), en una matriz cuadrada (Figura 4) que pueden escribir bits de información de no más de 50 nanómetros de diámetro. El mismo conjunto es capaz luego de leer la información e incluso reescribirla.

La capacidad de guardar información a esa escala es una noticia excitante para el mercado, pues multiplica inmensamente la cantidad de información que se puede almacenar en un área determinada. El mejor sistema actual de registro, basado en la memoria magnética, puede guardar alrededor de dos gigabits por centímetro cuadrado; los físicos creen que el límite físico de la capacidad este sistema —no alcanzado aún— es de alrededor de 25 gigabits por centímetro cuadrado (64 gigabytes/in²). El sistema de matriz de agujas descrito más arriba, bautizado “Millipede” (Miriápodo, por tener mil patas), ofrece 35 gigabits por centímetro cuadrado (y hasta 80 gigabits si se utiliza una aguja única) y es capaz de hacerlo a la velocidad de los artefactos magnéticos actuales. Con unidades de almacenamiento provistas de matrices gigantescas, con millones de agujas, se puede lograr un

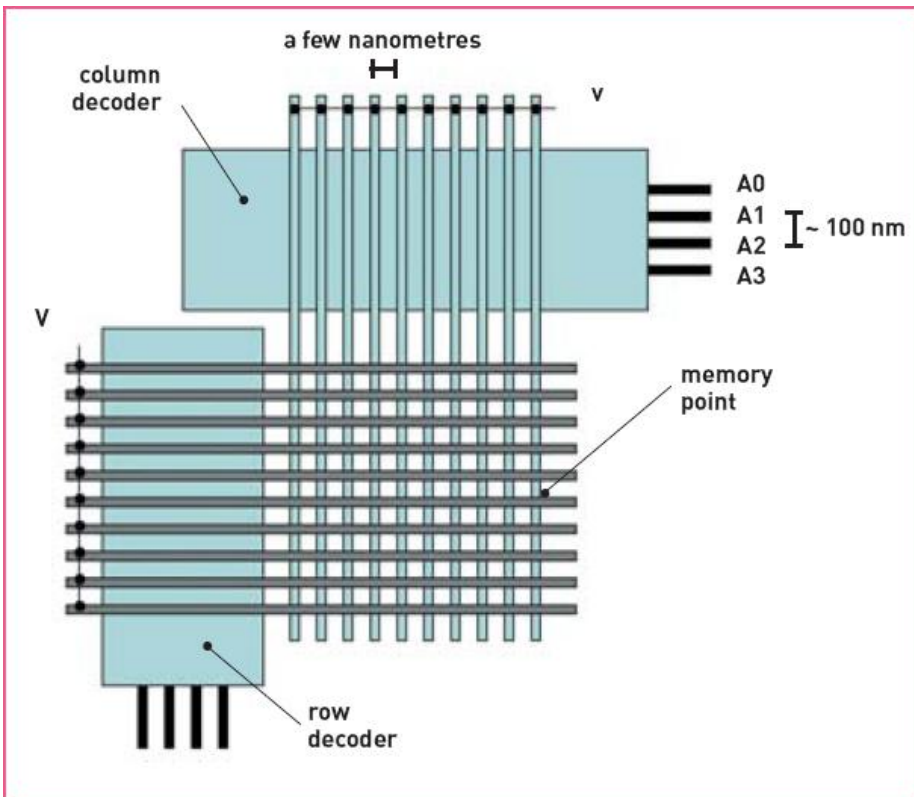


Figura 4: Esquema de una nanomemoria

almacenamiento en el orden de los terabytes, algo así como 40 veces lo que está disponible hoy comercialmente.

Dado el avance tecnológico en términos de almacenamiento, es necesario también el progreso de los dispositivos de almacenamiento portables, como el DVD, a la nanotecnología. Para reemplazarlos, se ha creado el “holographic data storage”, capaz de almacenar un máximo de 10Tbit/cm³.

6. La Nanotecnología y la Aml prosperan

Es necesaria la combinación de algunas capacidades claves de la nanotecnología y la inteligencia ambiental de cara al futuro. Estas capacidades se refieren al diseño, al uso de materiales sintéticos, el

desarrollo de nuevos conectores como ser realizados con *nanotubos*, y las alternativas de interconexión y empaquetado 3-D.

Las *nanoestructuras* y los *nanodispositivos*, las cuales suelen realizar algunas funciones electrónicas típicas, son quizás el subconjunto mas crítico de la nanotecnología, que supone esencialmente la manipulación de materiales a un nivel atómico como se muestra en la Figura 5.

Los científicos llevan al límite sus investigaciones, tratando de extender el rendimiento en calidad de creación de nuevos materiales, arquitecturas y diseños. La tecnología de silicio sometida a presión originalmente esperaba 32 nm por nodo, y ahora Intel ha llegado a usar 90 nm por nodo.

Hoy por hoy, el mercado empuja hacia una industria de lo pequeño, rápido y menos costoso. Muchos chips son desarrollados ahora para el consumidor desde el inicio, por eso la interfaz hombre/máquina es un requerimiento más sencillo que lo que fue en el pasado. Por ejemplo, los sistemas GPS se desarrollaban originalmente para aplicaciones militares, y luego fueron refinados para la navegación del automóvil.

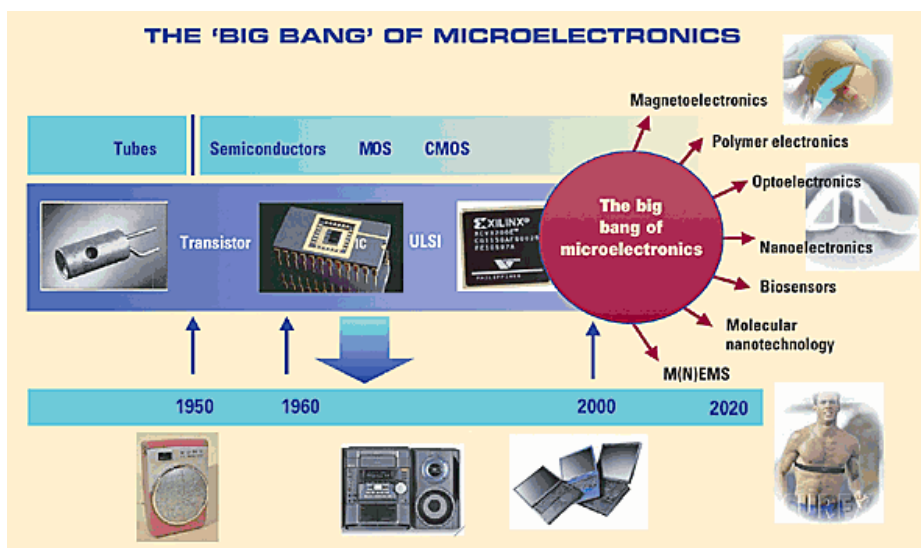


Figura 5: La gran explosión en la industria de los dispositivos a través de las décadas (Peters, 2004).

7. Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado el concepto de “nanotecnología” y las distintas aplicaciones de la Inteligencia Ambiental con el objeto de demostrar la necesidad de esta nueva ciencia en este nuevo paradigma de computación.

La siguiente ola de la Tecnología de la Información es claramente la Inteligencia Ambiental, para mejorar la calidad de vida humana. Esto implica una industria orientada al consumidor, manejada en el nivel más alto por el software y en el más bajo nivel o nivel atómico, por la nanotecnología.

Los científicos se preparan para la gran revolución en horizonte al 2029, aunque en vista a un futuro algo lejano, pues hay aun muchos detalles entre medio para implementar las nuevas ideas que darán lugar a dispositivos muy pequeños, potentes en cuanto a procesamiento y autónomos en cuanto a su capacidad energética.

Bibliografía

- De Man, H. Ambient intelligence: gigascale dreams and nanoscale realities. En *Solid-State Circuits Conference (ISSCC) 2005*. IEEE International, vol. 1, 29-35, Leuven, Bélgica, 2005.
- Delsing, J. y Lindgren, P. Sensor Communication Technology Towards Ambient Intelligence. *Measurement Science and Technology*, 16(4), R37-R46(1), 2005.
- Dittmar, A. y Lymberis, A. Smarth Clothes and Associated Wearable Devices for Biomedical Ambulatory Monitoring. En *The 13th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS '05)*, vol. 1, 221-227, 2005.
- Edelmayer, G., Panek, P., Meyer, P. and Zagle, W. L. Technologies for Smart Toilets. Ambient assisted living. *International newsletter on micro-nano integration*, 5/05, 2005.
- Fanet, H. Telecommunications: “ambient intelligence” needs nanotechnologies. *CLEFS CEA*, 52, 2005.

- ISTAG. *Scenarios for Ambient Intelligence in 2010*. Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J. y Burgelman, J-C. (eds), IPS-ISTAG, Luxemburgo, 2001.
- News Soliclima. Una nueva fibra podría usarse para crear ropa inteligente capaz de generar energía eléctrica, 18-2-2008. <http://news.soliclima.com/?seccio=noticies&accio=veure&id=2322>.
- Peters, L. Time Travel to 2029: Nanotechnology Thrives. *Semiconductor International*, 1 enero 2004. Disponible en www.semiconductor.net
- Richter, K. y Möbius, M. Sensoric Textile Bed Cover. *MST News: International Newsletter on Micro-Nano Integration*, 5/05, 2005.
- van Houten, H. 2005. The physical layer of ambient intelligence. En *2005 IEEE VLSI-Tsa International Symposium on VLSI Technology (VLSI-Tsa-Tech): Proceedings of Technical Papers*, pp. 9-12, Institute of Electrical & Electronics Engineers, 2005.
- Wikipedia. Nanotubo. *Wikipedia, La enciclopedia libre*, 2009 [consulta: 1-09-09]. Disponible en es.wikipedia.org/wiki/Nanotubo
- Wright, D., Gutwirth, S., Friedewald, M., Vildjiounaite, E. and Punie, Y. (eds). *Safeguards in a World of Ambient Intelligence*, cap. 1. Springer, Berlín, 2008.
- Zhang, P. *Nanotechnology: Preguntas sin respuesta fácil*. <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm>, 2008

Nociones Básicas Sobre Riesgos Toxicológicos en el Sector Agrícola Tabacalero

Ing. Manuel Luís Zambrano Echenique¹

mzambrano@ucasal.net

Resumen

Este artículo tiene como objeto la prevención de accidentes en el agro por intoxicaciones (no desde el punto de vista de la medicina, sino desde la perspectiva de la Higiene y Seguridad en el Trabajo), haciendo hincapié en la actividad tabacalera debido a que ésta es una de las de mayor relevancia en el valle de Lerma y de Cianca y corresponde además a un cultivo del tipo agro-industrial. La prevención está basada en la capacitación, aplicación, compra-mantenimiento-uso de los elementos de protección personal y en la interpretación de marbetes y hjas de seguridad. Se entiende por prevención (según el diccionario de la Real Academia Española) a la preparación y disposición que se hace anticipadamente para evitar un riesgo o ejecutar algo.

Palabras Claves: Tabaco – hojas de seguridad - marbetes guía fitosanitaria – elementos de protección personal – residuos

1. Introducción

El cultivo de tabaco conlleva riesgos innegables para la salud e impone desafíos socioeconómicos a los cultivadores. Entre los riesgos para la salud asociados se encuentran la enfermedad del tabaco verde y la exposición a plaguicidas peligrosos y al polvo de tabaco. Este tipo de cultivo también puede provocar degradación del medio ambiente, debido a la contaminación en el abastecimiento de agua por la

¹ El autor es Ingeniero Industrial y Especialista en Higiene y Seguridad del Trabajo por la Universidad Católica de Salta donde es profesor de Ingeniería Industrial y Coordinador de Laboratorios.

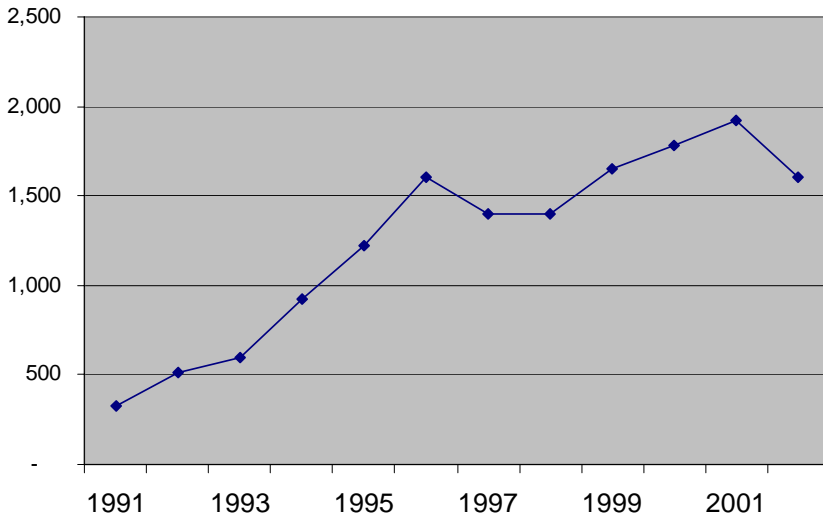


Figura 1. Evolución del Mercado Argentino de Fertilizantes (Miles de Tn) (Lombardo 2008)

utilización de plaguicidas, y degradación del suelo por el uso intensivo de fertilizantes.

Muchas veces los actores contaminados son personas que no están en contacto con el producto o con la actividad, y este tipo de contaminación puede darse por dos motivos fundamentalmente. Uno es la contaminación de las napas subterráneas de agua (ya que en el campo generalmente sólo se toma agua de pozo). El otro es no respetar los tiempos de carencia de cada agroquímico² colocado al cultivo (tema que se tratará más adelante). Como en toda actividad, el empresario trata de obtener mayor rédito por su trabajo aumentando la productividad (definimos productividad como el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados), que supone aumentar notoriamente los rendimientos de los cultivos. Muchos de estos incrementos han sido logrados usando más agroquímicos (Figura 1), lo que ha sobrellevado al aumento de la calidad del producto, poniendo más en riesgo a las personas involucradas en “todo el proceso” y a otras personas no implicadas con la actividad.

² Agroquímicos: todos los productos químicos utilizados en las labores agropecuarias e industrias afines destinados a destruir las plagas de todo tipo o a luchar contra ellas. Comprenden a los plaguicidas, los productos veterinarios, fertilizantes y otras sustancias químicas (Lombardo 2008).

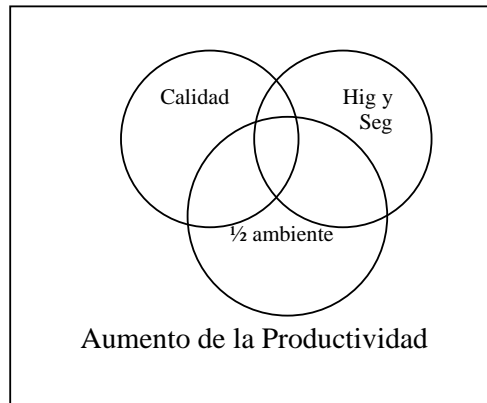


Figura 2

Especificando aun más y relacionando ciencias, podemos aseverar que la Higiene y Seguridad, ya no puede ser tratada como una ciencia independiente debido a la relación que tiene la misma con el medio ambiente y la calidad (Zambrano 2007). Es decir, al pensar en higiene y seguridad, no puedo obviarse medio ambiente ni calidad, ya que las tres ciencias trabajan de manera simultánea apuntando a un mismo fin: el aumento de la productividad (Figura 2).

El cultivo de tabaco, en algunos casos, contrata trabajadores menores de edad o jóvenes. Dejando de lado en este artículo las reglamentaciones legales al respecto, y considerando sólo para este estudio lo que respecta a su disminuida masa corporal y régimen alimentario, la realidad es que este segmento de población está aún más sujeto a las posibles intoxicaciones.

El cultivo de tabaco, al igual que muchas actividades agrícolas, cuenta con una serie de riesgos asociados desde el punto toxicológico, dado que el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes también es frecuente en los cultivos de pimentón, algodón, frutas, hortalizas, soja, etc. La enfermedad del tabaco verde es exclusiva a esta actividad. En las investigaciones sobre alternativas al cultivo de tabaco debe contemplarse no solamente la relación entre los costos y la rentabilidad de otros cultivos, sino también su impacto en la salud de los trabajadores. La protección de la salud de los trabajadores debe fomentarse y facilitarse mediante la asistencia técnica y el cumplimiento de los reglamentos por parte de la industria. Debe prestarse apoyo a los agricultores para que obtengan un rendimiento óptimo de su producción

a un menor costo en la salud de los trabajadores y medio ambiente (OMS 2005).

2. Clasificación toxicológica – pictograma de advertencias

Las etiquetas o marbetes de los agentes de protección de cultivos (APC), presentan en su parte inferior una banda de color que identifica a cada una de las clases de la Tabla 1 (INTA 2007).

3. Pautas de seguridad

La preocupación y el interés constante por proteger la salud de las personas, conllevan al continuo estudio de prácticas más seguras para el uso y manipuleo de los agroquímicos, como así también de desarrollo de tecnologías más específicas. Las intoxicaciones accidentales por descuido o negligencia suelen presentarse a pesar de los programas educativos, las advertencias y los procedimientos recomendados para alcanzar un manejo seguro de estos productos. La utilización de los agroquímicos en la agricultura representa un beneficio innegable, garantizando una mayor producción agrícola a menores riesgos desde el punto de vista económico. No nos olvidemos que el operario agrario al aplicar el agroquímico en su jerga natural siempre expresa que está aplicando “el remedio”, esto lleva a pensar que no tiene asumido los riesgos que este “veneno” le puede causar a su salud. Sin embargo, la aplicación de estos insumos entraña riesgos tóxicos para la salud ya sea en forma accidental o por un manejo inapropiado de los mismos

4. Prácticas seguras para el uso y manipulación de sustancias químicas

Es importante identificar los lugares de mayor riesgo de intoxicación o las partes del proceso en donde el obrero tiene mayores posibilidades de intoxicación. Por ello es de sumo interés contar con las siguientes pautas mínimas de seguridad en relación al uso y manipuleo de dichas sustancias (INTA 2008):

- Los trabajos de aplicación deben ser realizados por personas idóneas y capacitadas. Se deberá contar con registro de las capacitaciones en donde figure claramente el tema de la capacitación, duración, día, mes y año en que fue dada, y sobre todo

Clasificación según los riesgos	Clasificación del peligro	Color de la banda	Leyenda
Clase I a	Muy tóxico	Rojo (intenso)	Muy tóxico
Producto sumamente peligroso			
Clase I b	Tóxico	Rojo	Tóxico
Producto muy peligroso			
Clase II	Nocivo	Amarillo	Nocivo
Producto moderadamente peligroso			
Clase III	Cuidado	Azul	Cuidado
Producto poco peligroso			
Clase IV		Verde	Cuidado
Producto que normalmente no ofrece peligro			

Tabla 1. Clasificación en las etiquetas de los agentes de protección de cultivos

es importante asegurarse que el operario no tuvo antecedentes de intoxicación en el agro.

- Siempre debe buscarse el producto menos tóxico. Por ello es fundamental la recomendación de un profesional habilitado en la temática (ingeniero agrónomo) para la compra del agroquímico.
- No se debe comer, coquear, beber o fumar antes, durante y posterior al tratamiento, ni cuando se están manipulando los productos. Se deberá contar con agua y jabón para lavado de manos. Dicho lavado se hará tal como lo indica la OMS (OMS 2005).
- La regulación del equipo debe realizarse con agua solamente, antes de añadir al depósito el producto que se va a aplicar. Deberá verificarse que no haya pérdidas y que las boquillas no estén trancadas. En el caso que la aplicación sea con mochilas es fundamental abortar la operación si se observan pérdidas y proceder a cambiar las juntas de goma (*orings* en inglés).
- Durante la preparación de la mezcla y dado que los productos son peligrosos para la salud, deberán extremarse las precauciones. El producto es más tóxico durante la preparación debido a que se encuentra a mayor concentración. Por eso también es obligatorio el

uso de elementos de protección personal y es recomendable que se haga en lugares abiertos y ventilados.

- Utilizar recipientes reservados sólo para este uso, los cuales deberán tener una señalización de “peligro”, para garantizar que no sean utilizados con otro fin, tal como acarrear agua potable.
- Evitar derrames de producto concentrado. Por ello es recomendable que las preparaciones se realicen sobre una batea de contención a fin que si hay derrames estos sean recogidos y colocados nuevamente en su recipiente original.
- Respetar las dosis de empleo indicadas por el fabricante del producto y/o ingeniero agrónomo. El uso de dosis más concentradas sólo logra mayor riesgo durante la aplicación e incluso el deterioro de la planta. Para la optimización de los agroquímicos es importante usar fijador y analizar la neutralidad del agua.
- No mezclar más cantidad de producto que la necesaria, ya que las personas y los animales pueden estar expuestos a intoxicaciones.
- Almacenar los productos en sitios secos y protegidos contra incendios, respetando siempre las indicaciones del fabricante.
- Todos los productos agroquímicos deben guardarse en un lugar especial, bien ventilado, cerrado con llave e inaccesible a los niños y a personas inexpertas. Deben estar alejados de las casas, con pisos de cemento llaneado (alisado fletachado) y con cartel en la puerta que indique la peligrosidad. Los productos serán colocados sobre tarima de madera y preferentemente bajo estos se colocarán bateas de contención; en caso contrario el cuarto estará bajo nivel y formará una gran barrera de contención. Los productos deben conservarse en su envase original con sus etiquetas. Nunca deben guardarse en recipientes que puedan inducir a confusiones ni en los que posteriormente vayan a contener alimentos. Durante el trabajo no deben dejarse los envases al alcance de niños o de animales domésticos.
- Inmediatamente después de utilizado el producto deben inutilizarse los envases. Previo a esto se realizará un triple lavado, para garantizar su limpieza; después del lavado se perforará la base en varias partes para inutilizarlo por completo (ver más adelante).

- Ante la alternativa de aplicar agroquímicos con la presencia de viento es recomendable trabajar en forma transversal (en la medida de lo posible), para evitar que la nube tóxica tome contacto con el operador. No deben aplicarse con velocidades de viento de más de 10 km/h. Es muy importante planificar la actividad antes, durante y después de la fumigación. Antes se deberá contar con la hoja de seguridad y el marbete; la aplicación se hará preferentemente sin viento y cuando el sol no esté fuerte, para evitar la vaporización del producto.

5. Medios de protección

La protección personal en todos los casos debe considerarse como un último recurso de reducción del peligro en el lugar de trabajo. Es sólo una barrera de protección.

A través del estudio de métodos se puede analizar la conveniencia o no del método actual, proponer mejoras o llevar el sistema a una reingeniería. En el caso de proponer mejoras al método, estas se basarán en aplicaciones de ingeniería (para analizar mejoras tecnológicas, procesos o procedimientos). En la jerarquía de métodos que pueden utilizarse para controlar los peligros en el lugar de trabajo, reitero que la protección personal no es un método de primera elección, sino la última opción. De hecho, debe utilizarse sólo cuando se hayan agotado todos los posibles controles técnicos o de ingeniería que reducen el peligro.

El factor más importante a la hora de la concientización en el uso de los elementos de protección personal (EPP) es la idiosincrasia de la gente. Por lo general existe cierta rebeldía al uso de los mismos. Esto se debe en parte a que los medios de protección generalmente son impuestos a los operarios sin una capacitación previa o con capacitaciones fuera del alcance de comprensión de los operarios, quienes habitualmente sólo cuentan con estudios primarios. Por tanto es muy importante actuar sobre el cambio de hábitos y comportamiento en el personal; esto conllevará a la reducción de los riesgos en el origen y a una concientización en el uso de EPP.

A la hora de la compra de los EPP, es importante que estén acordes al riesgo presente, a las características de los operarios y del lugar. Por ello no sólo es necesario el conocimiento técnico de los equipos, sino también que el profesional que los recomiende asegure

que son adecuados al medio ambiente laboral, lo cual se alcanza con el desarrollo de las competencias correspondientes. De este modo se verán disminuidos los accidentes, lesiones y hasta incluso las muertes a causas de riesgos físicos, químicos y hasta biológicos. Esto puede lograrse a través de la retroalimentación de información (feedback) con el operario y el capataz.

Siendo tan importante y sencillo entender el porqué comprar y capacitar a los operarios en su uso, la pregunta es ¿por qué no hacerlo? Las respuestas a mi parecer pertinentes son: primero, por ignorancia; segundo, por falta de políticas de motivación; y tercero, debido a que un operario con EPP disminuye su rendimiento. Todo ello deriva en accidentes, pudiendo llegar hasta la muerte en algunos casos, o a enfermedades profesionales, todo a causa de la ignorancia. En segundo término, hablamos de políticas de motivación. Entregar un protector respiratorio no suele verse como un factor de motivación, salvo que el operario después de una capacitación vea que todo se hace por su bien. Sin embargo, ¿acaso una muerte por falta de elementos de protección personal no desmotiva al grupo? En tercer lugar, y no menos importante, respecto a la merma de rendimientos, es preferible disminuir el rendimiento antes que tener que pagar al menos dos salarios por un mismo trabajo. Esto se debe a que si el operario se intoxica, además de los medicamentos, internación y costos involucrados, debo contratar a otra persona para que realice el mismo trabajo (lo que conlleva capacitación específica en la tarea que realiza, como indica el concepto de curva de experiencia), pero ahora sí con los EPP recomendados. Es necesario que el empleador comprenda que está involucrado; y que el objetivo general teórico de la higiene y seguridad en el trabajo es *“eliminar todos los accidentes y las enfermedades profesionales por medio de la prevención o disminuir sus consecuencias en caso de accidentes por fallos”*. En segundo término, el empleador tiene las obligaciones legales por las cuales debe realizar los esfuerzos necesarios para cumplimentar la Ley N° 19587, pudiendo encuadrarse en general el tema en el artículo 4° de la mencionada Ley que textualmente expresa lo siguiente: “La higiene y seguridad en el trabajo comprenderá las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;

c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral”

Lo anterior es necesario pues estamos hablando del bien máspreciado: **LA VIDA HUMANA.**

Por ello se reitera que quienes utilizan equipos y dispositivos de seguridad deben conocer la necesidad de protección, los motivos por los cuales se utiliza y las ventajas que se derivan de su empleo. Hay que explicar con claridad las consecuencias de la exposición sin protección y la forma en que el usuario puede detectar si el equipo no funciona correctamente. Los usuarios deben recibir formación sobre métodos de inspección, ajuste, uso, mantenimiento y limpieza del equipo protector y deben conocer las limitaciones de dicho equipo, sobre todo en situaciones de emergencia. Por eso es muy importante hacer hincapié en las capacitaciones referentes a seguridad e higiene, para evitar accidentes y enfermedades profesionales.

En general, los medios de protección individual del trabajo agrícola son teóricamente admitidos, pero poco o mal utilizados por los agricultores. Al poco uso práctico se añade que estos medios son frecuentemente aconsejados por los técnicos y comerciantes del sector sin que se conozcan criterios precisos que orienten en su elección.

Los factores que más influyen a la hora de decidir su adquisición y empleo durante el trabajo son la comodidad, la menor interferencia posible con los movimientos y actividad del operario y sobre todo, el costo. Con el fin de aconsejar los medios de protección más idóneos cuando se trabaja con agroquímicos, es fundamental conocer las vías de penetración de las diversas sustancias en el organismo del operario durante las tareas de mayor riesgo.

En primer lugar, es notorio que la inhalación por las vías respiratorias no contribuye significativamente a la absorción total, excepto durante el proceso de pulverización con equipos manuales. La penetración cutánea representa mayor riesgo de la absorción de agroquímicos por el cuerpo. Una proporción considerable del agroquímico penetra a través de la piel, lo que puede deberse a la falta de protección de las manos. Las operaciones que producen mayor riesgo son la manipulación del producto concentrado, es decir, la apertura de los envases, el pesaje, la mezcla y la carga.

Las actividades de mantenimiento, reparación y sustitución del equipo deben considerarse costos fijos, pues son esenciales para conservar la eficacia de la protección. Estas consideraciones deben comprender ciertas decisiones básicas: por ejemplo, si deben emplearse dispositivos protectores de un solo uso (usar y tirar) o reutilizables y, en este segundo caso, cuál es la duración del servicio razonablemente previsible antes de que sea necesario sustituirlos

El equipo y los dispositivos de protección son elementos esenciales de toda estrategia de control del riesgo. Pueden utilizarse eficazmente si se conoce bien el lugar que ocupan en la jerarquía de control. El uso de equipos y dispositivos protectores debe apoyarse en un programa de protección personal que garantice el funcionamiento de la protección en las condiciones de uso previstas y quienes tengan que llevarla deben saber usarla correctamente en su actividad laboral. (INTA 2008). Los siguientes elementos de protección personal son básicos para preparación y aplicación de agroquímicos:

- Guantes de nitrilo hasta el codo
- Protección facial para salpicaduras más protector ocular
- Botas de goma (con pantalón por fuera)
- Sombrero impermeable
- Delantal plástico
- Protección respiratoria con filtro para gases orgánicos
- Ropa de Trabajo (de algodón con manga larga)

6. Información Básica Obligatoria

Nunca comprar productos que no cuenten con la etiqueta correspondiente o que estén abiertos. Siempre pida la hoja de seguridad del producto. En ella contará con información de interés tal como:

- Estado físico: para saber si vaporiza a la temperatura que lo va a usar, si el producto tiene efectos a mediano y largo plazo, y la toxicidad.
- Vías de ingreso.
- Elementos de protección personal a utilizar en las distintas etapas.
- Primeros Auxilios.
- Actuación en Emergencias (derrames, incendios).

Pictogramas de advertencias: Distintas agrupaciones han desarrollado algunas ilustraciones o pictogramas considerados

esenciales y que son un complemento de la información impresa en las etiquetas. Estos pictogramas se dividen en cuatro categorías: almacenamiento y aplicación, recomendaciones de seguridad e higiene y advertencias sobre riesgos ambientales.

7. Primeros auxilios

Es de extrema utilidad conocer los principales aspectos toxicológicos de estos productos y algunas nociones básicas de medicina para poder proporcionar los primeros auxilios en forma responsable y decidida. Una vida se salva mediante la ejecución oportuna de simples medidas terapéuticas o de sentido común. En ningún momento debe descartarse la atención médica. Proporcionados los primeros auxilios, siempre busque inmediatamente a un médico o que se traslade al intoxicado urgentemente a un hospital. Una acción no sustituye la otra, ambas se complementan. Es por ello que es tan importante contar siempre con los marbetes de seguridad y las hojas de seguridad, ya que ahí es donde se encuentran detallados los elementos de protección a usar para la aplicación de los productos, la peligrosidad del producto, el principio activo, daños al medio ambiente, formas de almacenar, etc., y sobre todo cómo preservar la salud de los operarios a través de recomendaciones de primeros auxilios (básicas) que se detallan a continuación:

- Dejar el trabajo inmediatamente.
- Cambiarse de ropa inmediatamente.
- Lavarse con agua abundante las zonas de piel u ojos afectados.
- Facilitar la respiración a la persona afectada.
- No dejar nunca sola a la persona afectada.
- No beber ni leche ni alcohol.
- Ir rápidamente al médico con la etiqueta del producto que manipulaba.

Es importante destacar que no se debe beber alcohol ni leche durante ni después de la preparación y/o aplicación, porque la intoxicación aguda puede suceder luego de realizada la tarea, aun estando en el hogar. La causa fundamental de este fenómeno es que algunos de los agroquímicos son lipo-absorbentes, lo que produce que con el alcohol y/o leche se metabolicen de manera más sencilla en el cuerpo humano. Tampoco debe inducirse a la persona intoxicada al vómito, salvo que la hoja de seguridad así lo indique. Si la persona

intoxicada esta inconsciente, inducir al vómito puede producir ahogo y muerte. Si el intoxicado está inconsciente colóquele la cabeza hacia uno de los lados a fin de evitar ahogo por vómito.

8. Recomendaciones posteriores a la aplicación

Como se explicó anteriormente, debe analizarse el proceso analizando los posibles riesgos de intoxicación en cada una de sus partes, y más aún en su relación con el medio ambiente. No podemos dejar de lado los recaudos posteriores a la aplicación de los agroquímicos. Por ello se incluyen a continuación las siguientes recomendaciones (INTA 2008):

- Cambiarse de ropa al terminar el trabajo. No puede tenerse una sola prenda de ropa que sea de calle y de trabajo; por lo tanto se deberá contar con guarda ropas y vestuarios
- Lavar la ropa contaminada lo antes posible, ser con abundante jabón y separado del resto de la ropa de calle y de la familia.
- El remojo en agua favorece el desprendimiento del agroquímico del tejido. Se recomienda triple remojo; el remojo se hará con guantes preferentemente de nitrilo.
- Lavar con detergente normal a temperatura elevada (60° C o más para el algodón). El agua caliente sin detergente no mejora apreciablemente la eliminación del agroquímico.
- Volver a lavar con agua limpia.
- Secar al aire
- Máscaras y anteojos deberán lavarse cuidadosamente después de usadas para quitar todo rastro de agroquímico.

Reingreso y periodo de carencia: Generalmente los aplicadores y su grupo familiar, no toman en cuenta el tiempo que debe transcurrir para reingresar a las zonas pulverizadas, ni el período de carencia, definiéndose este último, como la cantidad de días que deben transcurrir entre la última pulverización y la cosecha. Esto tiene como principal objetivo que el agroquímico se degrade o será absorbido por las personas. Evite cualquier tipo de contacto con el cultivo tratado y su consecuente contaminación. En ambos casos dependerá del grado de toxicidad del producto identificado en el marbete que se aplicó. Es muy importante que en la entrada al campo – potrero, se exponga en lugar visible la fecha de fumigación, el periodo de carencia y el agroquímico aplicado.

9. Lavado, destrucción y disposición final de los envases vacíos

Hoy se está imponiendo el método de "triple lavado" promocionado por la CASAFE (INTA 2008) que consiste en lo siguiente: el envase vacío debe ser llenado en una tercera parte con agua limpia y luego agitarlo durante 30 segundos; este paso debe ser repetido tres veces. El agua de lavado debe ser incorporada al tanque de la máquina para su posterior pulverización en la zona donde se han efectuado los tratamientos.

Los envases de plástico deben ser perforados, los de papel o cartón incinerados, los de vidrio y metálicos limpiados como los de plástico, rompiéndolos lejos de la vivienda y cursos de agua. Nunca utilizar los envases vacíos para otros fines. Mantenerlos siempre alejados de los niños y animales domésticos. Existen en el mercado para una limpieza profunda de los envases, picos lavadores rotativos que funcionan a alta presión incorporados generalmente en el cargador de producto de la maquina pulverizadora. El equipo de aplicación debe disponer de recipiente dosificador incorporado, con dispositivo de lavado de envases y tanque de agua limpio. Deben leerse detenidamente las etiquetas y recomendaciones antes de utilizar los agroquímicos; ante cualquier duda, consultar a personal especializado. Debe procurar atención médica tan rápidamente como sea posible y entregar al médico la etiqueta del envase que contenía el plaguicida.

Como buena practica, y debido a la destrucción de los envases, y por ende la del marbete, se debe contar con una carpeta siempre a mano, con los marbetes y hojas de seguridad de cada agroquímico. Esto conlleva a producir un registro de todos lo agroquímicos utilizados en cada uno de los potreros o campos. Esta carpeta tiene que estar en poder del encargado del campo, del capataz, y del servicio médico en caso de contar con uno. En caso contrario debe estar en poder del encargado de los traslados al hospital.

10. Caso Práctico

En nuestro país existe una gran cantidad de accidentes a causa de ingesta accidental de productos dañinos para la salud, siendo en la mayoría de los casos debido al almacenamiento del producto en botellas de bebidas, por lo general sin rotular, o rótulos borrados o

extraídos. Recordemos que nuestros niños no saben leer o no acostumbran encontrar en una botella de gaseosa “veneno”. Lo mismo puede suceder con cualquier ser querido.

10.1. Tratamiento de los residuos

Como se vio, durante el proceso se usan una serie de agroquímicos que vienen en su envase comercial de plástico. A estos envases vienen adosadas las fichas de seguridad, en las que se describe el modo de eliminación de estos. Dado el volumen de generación de residuos, y basado en la Res. N° 374/06, se establece que la empresa tabacalera en cuestión es una empresa de pequeños generadores de residuos. Definimos Pequeños Generadores a las personas físicas y jurídicas que sean generadoras de residuos peligrosos con una generación menor a 200 kg. anuales, sean éstos parte o no de su actividad principal. Estos generadores deben inscribirse en la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, presentando una Declaración Jurada con la siguiente documentación:

A) Nota solicitando inscripción en el Registro de Generadores de Residuos Peligrosos en la Categoría “Pequeños Generadores”.

B) De la empresa:

- Datos identificatorios de la Sociedad: Nombre o razón social, actividad de la empresa, domicilio real y legal de la empresa, número de teléfono, e-mail, fecha de inicio de actividades;
- Contrato Social o Estatuto inscripto de la sociedad certificado;
- Fotocopia de constancia de CUIT de la empresa;
- Datos Identificatorios del Representante Legal: Nombre y Apellido; Tipo y N° de Documento; N° de CUIT/CUIL. Copia de CUIT/CUIL;
- Datos Identificatorios del Representante Técnico: Nombre y Apellido; Tipo y N° de Documento; N° de CUIT/CUIL y Título. Copia de CUIT/CUIL.

C) Informe de Gestión de Residuos

- Datos de la Planta o Unidad Generadora: domicilio real, localidad, número de teléfono, fax, e-mail, nomenclatura catastral;
- Certificado de Habilitación Municipal o instrumento equivalente emitido por la autoridad competente;
- Memoria Técnica, donde conste una descripción detallada de todos los procesos y operaciones de la planta, indicando el Residuo Peligroso generado en cada uno de los sectores de la planta;

- Diagrama de Flujo del Proceso de la Planta o Unidad Generadora;
- Listado completo de los equipos utilizados en los procesos y operaciones que se realizan en la planta. Descripción y potencia consumida por cada uno de ellos;
- Categorías de control y constituyentes de los residuos generados, conforme se indica en la Tabla I del presente Manual (Anexo I de la Ley N° 24.051);
- Identificación de Residuos: tipo, nombre químico o comercial, cantidades, concentración y porcentaje de humedad de cada uno de los Residuos Peligrosos generados;
- Método y lugar de almacenaje en planta hasta su retiro o tratamiento para cada uno de los residuos que se generen;
- Características de los embalajes utilizados para la realización del transporte y forma de transporte de los residuos generados;
- Características de peligrosidad del residuo a transportar, de acuerdo a la Tabla II del Anexo II de la Ley N° 24.051.

10.2. Circuito de Pequeños Generadores

Los pequeños generadores podrán llevar por sus propios medios y sin la necesidad de intervención de terceros los residuos por ellos generados, hasta las instalaciones de un operador inscripto en el Registro de Generadores, Transportistas y Operadores de Residuos Peligrosos de la Provincia de Salta.

Los pequeños generadores deberán separar adecuadamente los residuos peligrosos que generen, envasarlos e identificarlos para su transporte. Las características de los embalajes utilizados para la realización del transporte y la forma del mismo deberán ser declarados por el pequeño generador, en la Declaración Jurada de Inscripción a la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El pequeño generador tiene expresamente prohibido realizar las siguientes actividades:

- Mezclar residuos peligrosos con residuos o sustancias no peligrosas.
- Mezclar residuos peligrosos incompatibles entre sí que puedan causar explosión, reacciones violentas, polvos, nieblas, vapores, emanaciones o gases, y/o vapores tóxicos o gases inflamables.
- Transportar residuos peligrosos cuyo embalaje o envase sea deficiente.

- Transportar simultáneamente residuos peligrosos incompatibles en una misma unidad de transporte.
- Transportar residuos peligrosos con cualquier otra sustancia en la misma unidad de transporte;

El operador hará entrega de un Certificado de Recepción de Residuos, de carácter oficial y emitido por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta, en el cual se indicará:

1. Nombre del generador y número de inscripción en el Registro de Pequeños Generadores;
2. Cantidad de residuos recibidos;
3. Tipo de residuos recibidos;
4. N° de inscripción del operador;
5. Nombre o razón social del operador;
6. Lugar y fecha;
7. Firma del operador o personal autorizado por él.

Este certificado, emitido por duplicado, se considerará como prueba suficiente para acreditar el correcto tratamiento de los residuos peligrosos. El certificado original quedará en poder del generador, quedándose el operador con la copia del mismo.

El operador deberá incluir la información en el Libro de Registro de Operaciones permanentes de acuerdo a lo especificado en la Resolución N° 224/06. Es obligación del operador controlar que el generador esté incluido dentro de la categoría de pequeño generador.

Cuando existiera un operador intermedio que realizase la recepción, almacenamiento o pretratamiento para ser enviado a otro operador que realice el tratamiento definitivo o la disposición final, el transporte de los residuos peligrosos deberá ser realizado mediante un Manifiesto de Transporte de acuerdo a la Resolución N° 224/06.

En este caso tanto, la cuarta copia como el Certificado de Destrucción Final deberán ser enviados por el operador que realice el Tratamiento o Disposición Final al Operador Intermedio.

10.3. Requisitos para los Generadores Difusos

Se definen como generadores difusos a las personas físicas y jurídicas que sean generadoras eventuales de residuos peligrosos considerados por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo

Sustentable como de baja peligrosidad, con una generación menor a 50 kgs anuales. Es condición necesaria para ser considerado generador difuso que la generación de residuos peligrosos no sea producto de la actividad principal del generador. Los generadores difusos se encuentran eximidos de la inscripción en el Registro de Residuos Peligrosos.

10.4. Circuito de Generadores Difusos

Los generadores difusos podrán llevar por sus propios medios y sin la necesidad de intervención de terceros los residuos por ellos generados hasta las instalaciones de un operador inscripto en el Registro de Generadores, Transportistas y Operadores de Residuos Peligrosos de la Provincia de Salta. El operador hará entrega de un Certificado de Recepción de Residuos, de carácter Oficial y emitido por el órgano de aplicación en el cual se indicará el nombre del generador; la cantidad de residuos recibidos; el tipo de residuos recibidos; el n^o de inscripción del operador; su nombre o razón social; y el lugar, fecha y firma del operador o personal autorizado por él.

Este certificado, emitido por duplicado, se considerará como prueba suficiente para acreditar el correcto tratamiento de los residuos peligrosos. El certificado original quedará en poder del generador, quedándose el operador con la copia del mismo.

El operador deberá incluir la información en el Libro de Registro de Operaciones permanentes de acuerdo a lo especificado en la Resolución N^o 224/06. Es obligación del operador controlar que el generador esté incluido dentro de la Categoría de Generadores Difusos.

Cuando existiera un operador intermedio que realizase la recepción, almacenamiento o pretratamiento para ser enviado a otro operador que realice el tratamiento definitivo o la disposición final, el transporte de los residuos peligrosos deberá ser realizado mediante un Manifiesto de Transporte de acuerdo a la Resolución N^o 224/06. En este caso, tanto la cuarta copia como el Certificado de Destrucción Final deberán ser enviados por el operador que realice el tratamiento o disposición final al operador intermedio.

11. Conclusiones

No todos los que lean este trabajo son personas involucradas con la actividad tabacalera, pero todos en nuestros hogares contamos con

productos químicos (detergentes, jabón en polvo, desengrasantes, limpiavidrios, saca sarro, naftalina, veneno para hormigas, veneno para moscas, remedios, etc. - una gran lista que hasta nos sorprendería). Se trata de productos que están al alcance de todos los miembros de la familia, productos que pueden causar efectos adversos a nuestros seres queridos. Por ello las recomendaciones que figuran en este artículo son prácticamente aplicables a cualquier circunstancia. Evite accidentes.

Bibliografía

INTA, *Guía Fitosanitaria del Tabacalero*, Salta, 2007

INTA. *Salud y Seguridad en el Trabajo Rural*, Proyecto de Capacitación a Distancia, Fundación para la Promoción de la Seguridad y la Salud en el Trabajo (FUSAT), Programa de Salud y Seguridad en el Trabajo BID/FOMIN, 2008

Lombardo, G. *Toxicología Laboral*, Apuntes de cátedra

Ministerio de Salud de la Nación, *Manual de Atención Primaria de Intoxicaciones*, Tomo II, Parte Especial. Buenos Aires, 2002

OMS. *Manual de Bioseguridad en el Laboratorio*, 3ª ed, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2005

Zambrano, M. El Aumento de la Productividad y la Mejora del Nivel de Vida. *Cuadernos de la Facultad de Ingeniería e Informática*, n. 2. Universidad Católica de Salta, 2007

Patrones de Diseño, Refactorización y Antipatrones. Ventajas y Desventajas de su Utilización en el Software Orientado a Objetos

Gustavo Damián Campo*

guscampo@yahoo.com.ar

Resumen

El presente artículo busca introducir al lector en los conceptos de Patrón de Diseño, Refactorización y Antipatrón, y cuáles son las ventajas y desventajas inherentes a su aplicación en el desarrollo de software orientado a objetos. Este no es un artículo sobre orientación a objetos, por lo que no se tratan temas como herencia, polimorfismo y encapsulamiento, entre otros.

Palabras Claves: Patrones de Diseño, Patrones, Refactorización, Antipatrones

1. Introducción

A lo largo de los años la ingeniería de software fue introduciendo nuevas técnicas en pos de obtener software de mejor calidad, tales como las técnicas estructuradas, los lenguajes de cuarta generación, las herramientas CASE, la orientación a objetos y nuevos modelos de calidad. Investigadores académicos y profesionales desarrollaron distintos enfoques innovadores para la construcción de software, desde el uso de nuevas tecnologías hasta la aplicación de nuevos procesos. Incluso con todas estas ideas, el éxito de un producto software nunca estuvo garantizado.

* El autor es Ingeniero en Informática por la Universidad Católica de Salta, Subsede Buenos Aires. En el ámbito laboral, se dedica al desarrollo de software. El presente artículo es una síntesis de su trabajo de tesis.

Casi todos los sistemas entregados son, en mayor o menor medida, sistemas diseñados para un determinado propósito y con poca flexibilidad, lo que se conoce como *stovepipe systems*, sistemas que no pueden adaptarse al cambio. Este factor debe considerarse siempre ya que el grado de flexibilidad de un producto software está directamente relacionado con la calidad del mismo.

Si bien la orientación a objetos mejora la productividad, adaptabilidad y reutilización del software, los sistemas orientados a objetos con muchas líneas de código son difíciles de mantener y extender con nueva funcionalidad. Esto no quiere decir que conceptos tales como herencia, encapsulamiento o polimorfismo no sean adecuados, sino que por sí solos no son suficientes. Estas técnicas deben combinarse con otras de mayor nivel para poder obtener software flexible, pero para poder hacerlo hace falta algo: experiencia. Es esta experiencia la que hace que los expertos resuelvan nuevos problemas mediante la aplicación de resoluciones que funcionaron con anterioridad para problemas similares.

A la hora de recolectar experiencia, se pueden armar dos grandes grupos: las buenas y las malas:

- Los Patrones de Diseño se corresponden con las buenas experiencias, ya que reúnen resoluciones a problemas recurrentes encontrados en el diseño de software orientado a objetos.
- Los Antipatrones, por su parte, se corresponden a las malas experiencias ya que reúnen soluciones que han producido efectos negativos. Los Antipatrones proveen dos soluciones: la problemática (aquella con el impacto negativo), y la refactorizada (aquella que transforma la situación negativa en una más saludable).

Como se dijo anteriormente, la utilización de herencia, encapsulamiento y polimorfismo debe combinarse con técnicas de mayor nivel. Estas técnicas de mayor nivel son: los Patrones de Diseño, para obtener software flexible; los Antipatrones para evitar cometer errores recurrentes; y la Refactorización para asegurar reorganizaciones ordenadas de código fuente para mejorar la mantenibilidad, o salir de algún Antipatrón.

El inicio de los Patrones de Diseño suele atribuirse a un profesor de arquitectura de la Universidad de Berkeley llamado Christopher Alexander. A *Pattern Language* (1977) y *The Timeless Way of Building*

(1979) presentaron la visión del autor sobre problemas recurrentes que existían en la arquitectura de pueblos, ciudades y en cualquier tipo de construcción. Estos problemas y soluciones fueron descritos por Alexander como “patrón”.

El trabajo de Alexander despertó el interés en el tema por parte de la comunidad de programadores de software orientado a objetos y dentro de la siguiente década comenzaron los desarrollos de patrones para el diseño de software.

Con el correr de los años, los patrones fueron ganando aceptación y se han ido extendiendo a diversas áreas de la construcción de software.

Patrones de Diseño y Antipatrones brindan una forma efectiva de compartir experiencia. Sea cual sea el lenguaje de programación utilizado, las lecciones aprendidas pueden recolectarse con el fin de ser compartidas con otros desarrolladores. A largo plazo, esto podría mejorar la industria de desarrollo de software.

2.2 Patrones de diseño

Un Patrón de Diseño (*design pattern*) es una solución repetible a un problema recurrente en el diseño de software. Esta solución no es un diseño terminado que puede traducirse directamente a código, sino más bien una descripción sobre cómo resolver el problema, la cual puede ser utilizada en diversas situaciones. Los patrones de diseño reflejan todo el rediseño y remodelación que los desarrolladores han ido haciendo a medida que intentaban conseguir mayor reutilización y flexibilidad en su software.

Los patrones documentan y explican problemas de diseño, y luego discuten una buena solución a dicho problema. Con el tiempo, los patrones comienzan a incorporarse al conocimiento y experiencia colectiva de la industria del software, lo que demuestra que el origen de los mismos radica en la práctica misma más que en la teoría.

En (Gamma et al, 1995) se cita la definición de Christopher Alexander sobre patrones: “cada patrón describe un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, así como la solución a ese problema, de tal modo que se pueda aplicar esta solución un millón de veces, sin hacer lo mismo dos veces”. Si bien ésta definición es sobre

patrones de ciudades y edificios la idea es aplicable a la industria del software: encontrar una solución a un problema dentro de un contexto.

Un patrón de diseño nomina, abstrae e identifica los aspectos clave de una estructura de diseño común, lo que los hace útiles para crear un diseño orientado a objetos reusable. El patrón de diseño identifica las clases e instancias participantes, sus roles y colaboraciones, y la distribución de responsabilidades. Cada patrón de diseño se centra en un problema concreto, describiendo cuándo aplicarlo y si tiene sentido hacerlo teniendo en cuenta otras restricciones de diseño, así como las consecuencias, ventajas e inconvenientes de su uso.

En los últimos años los patrones han ido ganando aceptación, y se fueron extendiendo a otras áreas dentro del desarrollo y mantenimiento de software. Su utilización, si bien todavía le queda mucho camino por recorrer, comienza a tener suficiente madurez.

Los patrones de diseño proveen una forma efectiva para compartir experiencia con la comunidad de programadores de software orientado a objetos.

2.1. Componentes

Para que una solución sea considerada un patrón debe poseer ciertos componentes fundamentales:

- Nombre del patrón. Permite describir en pocas palabras un problema de diseño junto con sus soluciones y consecuencias.
- Problema (o fuerzas no balanceadas). Indica cuándo aplicar el patrón. En algunas oportunidades el problema incluye una serie de condiciones que deben darse para aplicar el patrón. Muestra la verdadera esencia del problema. Este enunciado se completa con un conjunto de fuerzas, término que se utiliza para indicar cualquier aspecto del problema que deba ser considerado a la hora de resolverlo, entre ellos:
 - Requerimientos a cumplir por la solución.
 - Restricciones a considerar.
 - Propiedades deseables que la solución debe tener.

Son las fuerzas las que ayudan a entender el problema dado que lo exponen desde distintos puntos de vista.

- **Solución.** No describe una solución o implementación en concreto, sino que un patrón es más bien como una plantilla que puede aplicarse en diversas situaciones diferentes. El patrón brinda una descripción abstracta de un problema de diseño y cómo lo resuelve una determinada disposición de objetos. Que la solución sea aplicable a diversas situaciones denota el carácter “recurrente” de los patrones.
- **Consecuencias.** Resultados en términos de ventajas e inconvenientes.

2.2. Tipos

Según el nivel de abstracción los patrones de diseño pueden clasificarse de la siguiente forma:

- **Patrones arquitectónicos.** Centrados en la arquitectura del sistema. Definen una estructura fundamental sobre la organización del sistema. Proveen un conjunto predefinido de subsistemas, cuáles son sus responsabilidades y como se interrelacionan.
- **Patrones de diseño.** Esquemas para refinar los subsistemas o componentes de un sistema de software, o sus relaciones. Describen una estructura recurrente y común de componentes comunicantes que resuelven un problema de diseño dentro de un contexto. Ejemplo: el patrón *singleton* asegura que exista sólo una instancia de una determinada clase.
- **Patrones de codificación o modismos (*idioms*).** Patrones que ayudan a implementar aspectos particulares del diseño en un lenguaje de programación específico. Ejemplo: en Java implementar una interface en una clase anónima.

Los patrones arquitectónicos podrían considerarse estrategias de alto nivel que abarcan componentes a gran escala, propiedades y mecanismos del sistema. Tienen implicancias muy amplias que afectan tanto a la estructura como a la organización del sistema. Los patrones de diseño son tácticas de medio nivel para profundizar en la estructura y comportamiento de ciertos componentes y sus relaciones. Los

patrones de diseño no influyen en la estructura del sistema sino que definen micro-arquitecturas para los subsistemas y componentes. Por último, los modismos son técnicas específicas del paradigma y lenguaje de programación que complementan detalles de bajo nivel (internos o externos) de la estructura de un componente.

2.3. Preconceptos equivocados

Es importante aclarar algunas cuestiones que pueden llevar a confusión sobre qué es un patrón y lo que proveen. En (Vlissides, 1997) se listan los principales conceptos equivocados sobre patrones de diseño, a continuación se indican algunos de ellos.

2.3.1. Conceptos equivocados sobre qué son los patrones de diseño

- “Un patrón es una solución a un problema en un contexto”. Si bien esta es una definición de Christopher Alexander, hay algunos factores adicionales a considerar:
 - Recurrencia: lo que hace relevante a la solución para situaciones diferentes que la inmediata.
 - Enseñanza: debe proveer el entendimiento suficiente como para personalizar la solución ofrecida al nuevo problema.
 - Nombre: debe proveer un nombre por el cual referirse al patrón.

Cualquier definición que indique las partes constituyentes de un patrón debe expresar recurrencia, enseñanza, y nombre adicionalmente al problema, solución y contexto.

- “Los patrones son simplemente jerga, reglas y trucos de programación”. Comparado otras áreas de la informática, los patrones introducen relativamente pocos términos nuevos. Un buen patrón es intrínsecamente accesible a su audiencia. Puede utilizar la jerga del dominio en cuestión, pero es escasa la necesidad de utilizar terminología específica de patrones. Tampoco son reglas que se pueden aplicar ciegamente, ya que la componente de enseñanza debería impedir esta tendencia.
- “Los patrones necesitan herramientas o soporte metodológico para ser efectivos”. Uno de los grandes beneficios de los patrones es que pueden ser aplicados directamente, sin ningún tipo de soporte.

Por su parte (Piatini y Garcia, 2003) sostienen esto mismo al establecer que los patrones no son:

- Invenciones, teorías o ideas no probadas
- Soluciones que sólo han funcionado una vez
- Principios abstractos o heurísticos
- Aplicaciones universales para cualquier contexto.

2.3.2. Conceptos equivocados sobre qué brindan, o garantizan, los patrones de diseño

- “Los patrones garantizan software reutilizable, mayor productividad...” Los patrones por si solos no garantizan nada. Los patrones no excluyen a las personas del proceso creativo. Simplemente proveen esperanza de mejora a una persona posiblemente inexperta, recientemente iniciada en el tema, pero capaz y creativa. Los patrones no son más que otra herramienta del desarrollador.
- “Los patrones generan arquitecturas completas”. La capacidad de generación de un patrón se encuentra en la explicación sobre las fuerzas y su solución, o en la discusión de las consecuencias del patrón. Estos conocimientos son especialmente útiles a la hora de definir y refinar una arquitectura. Pero creer que los patrones por si solos generan arquitecturas o cualquier otra cosa es erróneo. Los patrones no generan nada, sólo la gente lo hace.
- “Los patrones son para diseño o implementación (orientado a objetos)”. Los patrones no son nada si no capturan experiencia. La naturaleza de esa experiencia es dejada al autor del patrón. Existe mucha experiencia que vale la pena capturar en el diseño orientado a objetos, pero también la hay otras áreas: diseño no orientado a objetos, mantenimiento, análisis, pruebas, documentación, estructura organizacional, etc.

Un formato de patrones no alcanza para todas las disciplinas, pero lo que sí lo hace es el concepto de patrón como un vehículo para capturar y transmitir experiencia, sin importar la disciplina. “Un patrón es una solución a un problema en un contexto

2.4. Catálogo

Los patrones de diseño refinan subsistemas o componentes de software orientado a objetos. Estos describen una estructura genérica

sobre el problema a resolver, de manera tal de poder contextualizarla con el problema a resolver. (Fowler, 2003) sostiene que “están a medio cocer” ya que siempre se los debe contextualizar al entorno en el que serán aplicados. De hecho, una de las mejores formas de aprender sobre ellos es implementarlos uno mismo.

El principal catálogo de patrones de diseño es (Gamma et al, 1995), el cual consta de 23 patrones de diseño agrupados en tres grupos: Patrones Creacionales, Patrones Estructurales y Patrones de Comportamiento. En las siguientes secciones se lista cada uno de ellos junto con un breve ejemplo conceptual que ilustra la implementación básica del patrón.

2.4.1 Patrones Creacionales

Los patrones creacionales abstraen el proceso de instanciación de objetos, ayudando a que el sistema sea independiente de cómo se crean, componen y representan sus objetos. Estos patrones encapsulan el conocimiento sobre las clases concretas que utiliza el sistema.

En otras palabras, estos patrones brindan soporte a una de las tareas más comunes dentro de la programación orientada a objetos: la instanciación. Estos patrones brindan las siguientes características:

- **Instanciación genérica:** permite que los objetos sean creados dentro del sistema sin especificar clases concretas en el código.
- **Simplicidad:** algunos patrones facilitan la creación de objetos, evitando que el cliente deba tener código complejo sobre cómo instanciar un determinado objeto.
- **Restricciones creacionales:** algunos patrones ayudan a establecer restricciones sobre la creación de objetos, tales como qué objeto crear, cuándo, cómo, etc.

Por lo general, son alternativas de diseño bajo estrategias de herencia o delegación que encapsulan el mecanismo de creación, independizando los tipos de objetos “producto” que se manejan.

Los patrones creacionales son los siguientes:

1. **Singleton:** asegura que una determinada clase sea instanciada una y sólo una vez, proporcionando un único punto de acceso global a ella.

2. **Abstract Factory:** provee una interfaz para crear familias de objetos producto relacionados o que dependen entre si, sin especificar sus clases concretas.
3. **Factory Method:** define una interfaz para crear un objeto delegando la decisión de qué clase crear en las subclases. Este enfoque también puede ser llamado constructor “virtual”.
4. **Builder:** separa la construcción de un objeto complejo de su representación, de forma que el mismo proceso de construcción pueda crear diferentes representaciones. Simplifica la construcción de objetos con estructura interna compleja y permite la construcción de objetos paso a paso.

Ejemplo: este patrón se encuentra en los restaurantes de comidas rápidas que preparan menús infantiles. Generalmente estos menús están formados de un plato principal, un acompañamiento, una bebida y un juguete. Si bien el contenido del menú puede variar, el proceso de construcción es siempre el mismo: el cajero indica a los empleados los pasos a seguir. Estos pasos son: preparar un plato principal, preparar un acompañamiento, incluir un juguete y guardarlos en una bolsa. La bebida se sirve en un vaso y queda fuera de la bolsa.

5. **Prototype:** facilita la creación dinámica de objetos mediante la definición de clases cuyos objetos pueden crear duplicados de si mismos. Estos objetos son llamados prototipos.

Ejemplo: un escenario frecuente es contar con GUIs (Interfaz Gráfica de Usuario) que cuenten con un gran número de controles similares, los cuales deben ser inicializados a un determinado estado común para mantener consistencia. El proceso de inicialización se repite varias veces por cada control de manera que las líneas de código se incrementan. Con el fin de optimizar estas partes del código se puede contar con un objeto inicializado en un determinado estado estándar y luego obtener clones de él ya inicializados.

2.4.2 Patrones estructurales

Se encargan de cómo se combinan clases y objetos para formar estructuras más grandes. Los patrones estructurales de clases utilizan la herencia para componer interfaces o implementaciones. En lugar de combinar interfaces o implementaciones, los patrones estructurales de

objetos describen formas de componer objetos para obtener nuevas funcionalidades. La flexibilidad añadida mediante la composición de objetos viene dada por la capacidad de cambiar la composición en tiempo de ejecución, que es imposible con la composición de clases. Ejemplos típicos son cómo comunicar dos clases incompatibles o cómo añadir funcionalidad a objetos.

Los patrones estructurales son los siguientes:

6. Adapter: oficia de intermediario entre dos clases cuyas interfaces son incompatibles de manera tal que puedan ser utilizadas en conjunto.

Ejemplo: en la vida cotidiana se ven ejemplos de este patrón, quizá el más común de ellos sea el de los adaptadores de enchufes el cual permitiría utilizar un enchufe de dos patas planas adaptándolo a un toma corriente de dos patas redondas.

7. Bridge: disocia un componente complejo en dos jerarquías de clases: una abstracción funcional y la implementación interna, para que ambas puedan variar independientemente.

Ejemplo: los electrodomésticos y sus interruptores de encendido pueden ser considerados como ejemplos de este patrón donde el interruptor de encendido es considerado la abstracción y el electrodoméstico en sí la implementación. El interruptor podría ser un simple interruptor de encendido/apagado, un regulador de velocidades u alguna otra opción, mientras que el electrodoméstico puede ser una lámpara, un ventilador de techo, etc.

8. Composite: compone objetos en estructuras de árboles para representar jerarquías parte-todo. Permite que los clientes traten de manera uniforme a los objetos individuales y a los complejos.

Ejemplo: en una gráfica de Gantt existen tareas simples (con una actividad) y compuestas (que contienen varias tareas). Modelar estos dos tipos de tareas en una jerarquía de clases donde ambas son subclases de una clase que cuente con un método "calculaTiempoUtilizado" permitiría tratar de forma uniforme a tareas simples y compuestas para calcular el tiempo utilizado por cada una de ellas. Concretamente una tarea simple informa el tiempo dedicado a ella, mientras que una compuesta lo hace sumando los tiempos insumidos de cada una de las tareas que contiene.

9. Decorator: agrega o limita responsabilidades adicionales a un objeto de forma dinámica, proporcionando una alternativa flexible a la herencia para extender funcionalidad.

Ejemplo: si bien es cierto que se pueden colgar pinturas, cuadros y fotos en las paredes sin marcos, éstos suelen ser utilizados a menudo y son ellos los que se cuelgan en la pared en lugar de su contenido (pinturas, cuadros, etc.). Al momento de colgarse los cuadros junto con su marco pueden formar un solo “componente visual”

10. Facade: proporciona una interfaz simplificada para un conjunto de interfaces de subsistemas. Define una interfaz de alto nivel que hace que un subsistema sea más fácil de usar.

Ejemplo: En un sistema de compras los clientes contactan a un responsable de ventas que actúa como Facade al momento de realizar un pedido. Este representante de ventas actúa como Facade proveyendo una interface con los departamentos (subsistemas) de pedidos, facturación y envíos.

11. Flyweight: permite el uso de un gran número de objetos de grano fino de forma eficiente mediante compartimiento.

Ejemplo: La red telefónica pública conmutada es un ejemplo de este patrón ya que hay diversos componentes, como por ejemplo nodos de conmutación, que se deben compartir entre los distintos usuarios. Los usuarios no conocen cuántos componentes de cada tipo hay disponibles al momento de realizar la llamada. Lo único por lo que se preocupan los usuarios es por obtener tono para marcar, poder discar y efectuar la llamada.

12. Proxy: Provee un sustituto o representante de un objeto para controlar el acceso a éste. Este patrón posee las siguientes variantes:

- Proxy remoto: se encarga de representar un objeto remoto como si estuviese localmente.
- Proxy virtual: se encarga de crear objetos de gran tamaño bajo demanda.
- Proxy de protección: se encarga de controlar el acceso al objeto representado.

2.4.3. Patrones de comportamiento

Tienen que ver con algoritmos y asignación de responsabilidades. Estos patrones se focalizan en el flujo de control dentro de un sistema. Ciertas formas de organizar los controles dentro del sistema pueden llevar a grandes beneficios en cuanto a mantenibilidad y eficiencia. Algunos ejemplos de estos patrones incluyen la definición de abstracciones de algoritmos, las colaboraciones entre objetos para realizar tareas complejas reduciendo las dependencias o asociar comportamiento a objetos e invocar su ejecución. Los patrones de comportamiento basados en clases utilizan la herencia para distribuir el comportamiento entre clases, ellos son: Template Method e Interpreter. Mientras que los basados en objetos utilizan la composición.

Los patrones de comportamiento son los siguientes:

13. Chain of responsibility: establece una cadena de mensajes dentro del sistema de manera tal que dicho mensaje sea manejado en el mismo nivel donde fue emitido, o redirigido a un objeto capaz de manejarlo. Evita acoplar el emisor del mensaje con un receptor, dando a más de un objeto la posibilidad de responder al mensaje.
14. Command: representa una solicitud con un objeto, de manera tal de poder parametrizar a los clientes con distintas solicitudes, encolarlas o llevar un registro de las mismas, y poder deshacer las operaciones. Estas solicitudes, al ser representadas como un objeto también pueden pasarse como parámetro o devolverse como resultados.
15. Interpreter: en un contexto donde se repite una determinada clase de problemas y el dominio es bien conocido, se pueden caracterizar estos problemas como un lenguaje y, a su vez, estos problemas pueden ser tratados por un “motor” de interpretación. Este patrón busca definir un intérprete para dicho lenguaje, para el cual define una gramática y un intérprete de la misma para poder resolver los problemas.

Ejemplo: distintos motores de bases de datos (Oracle, SQL Server, Sybase, DB2, etc.) utilizan distintos códigos de error para indicar fallas (errores de clave duplicada, violación de restricciones de integridad referencial, longitud de datos, etc.). La utilización de éste patrón permitiría definir un intérprete de errores para cada motor de base de datos con el cual se determinaría la falla y tomarían las acciones pertinentes en función de la misma. El sistema debe

configurarse para utilizar el interprete adecuado según el motor de base de datos.

16. Iterator: provee un modo de acceder secuencialmente a los elementos de un objeto agregado (una colección) sin exponer su representación interna. El iterador está altamente acoplado al objeto agregado.

Ejemplo: Los árboles-B pueden recorrerse de tres formas distintas: pre-orden, en-orden y post-orden. La aplicación de este patrón permitiría definir un iterador para cada tipo de recorrido, pudiendo ser utilizados para recorrer el árbol sin exponer su contenido.

17. Mediator: simplifica la comunicación entre objetos dentro del sistema mediante la introducción de un objeto mediador que administra la distribución de mensajes entre objetos. Promueve bajo acoplamiento al evitar que los objetos se referencien unos a otros explícitamente, permitiendo variar la interacción entre ellos independientemente.

Ejemplo: Este patrón puede verse en las torres de control de los aeropuertos. Los pilotos de los aviones que se encuentran por despegar o aterrizar se comunican con la torre en lugar de hacerlo explícitamente entre ellos. La torre de control regula quien puede aterrizar y despegar, pero no se encarga de controlar todo el vuelo.

18. Memento: preserva una “fotografía instantánea” del estado de un objeto con el fin de permitirle volver a su estado original, sin revelar su contenido al mundo exterior.

Ejemplo: una funcionalidad muy importante de los editores de texto es “Deshacer” o “Undo”, esta funcionalidad puede implementarse vía Memento. Para realizar esto se debe considerar al contenido del documento como estado del editor y ante cada cambio del documento se debe tomar una nueva fotografía del estado del documento antes de la modificación, para poder volver al mismo. Dos factores importantes deben ser tenidos en cuenta: el orden de guardado de los cambios, para poder deshacerlos correctamente y cuando limpiar el registro de estados intermedios ya que esto puede consumir muchos recursos.

19. Observer: brinda un mecanismo que permite a un componente transmitir de forma flexible mensajes a aquellos objetos que hayan expresado interés en él. Estos mensajes se disparan cuando el

objeto ha sido actualizado, y la idea es que quienes hayan expresado interés reaccionen ante este evento.

Ejemplo: este patrón puede verse en las subastas donde cada ofertante (Observer) tiene un indicador con su número, el cual es utilizado para indicar la aceptación de una oferta. El subastador (Subject, objeto observado) comienza la subasta con una oferta inicial, cuando un ofertante toma esa oferta el subastador les retransmite a todos los ofertantes que el precio ha cambiado.

20. State: permite que un objeto modifique su comportamiento cada vez que cambie su estado interno. El objeto parecerá que cambió de clase.

Ejemplo: este patrón puede observarse en las máquinas expendedoras de golosinas, las cuales pasan por distintos estados: stock disponible, dinero depositado, capacidad para dar vuelto, golosina seleccionada, etc. En cada uno de éstos estados la máquina se comporta distinta. Cuando se deposita dinero y se elige una golosina la expendedora puede entregar un producto y no cambiar su estado, entregar un producto y cambiar su estado (por ejemplo quedarse sin stock, en cuyo caso no entregará mas golosinas, o no entregar golosinas ya sea por falta de stock o cambio).

21. Strategy: define una jerarquía de clases que representan algoritmos, los cuales son intercambiables. Estos algoritmos pueden ser intercambiados por la aplicación en tiempo de ejecución.

Ejemplo: Se dispone de un programa que encripta y desencripta mensajes de texto usando distintos algoritmos de encriptación. Cada uno de estos algoritmos de encriptación puede modelarse como una clase con servicios de encriptación (un método "encriptaMensaje" que recibe el texto llano y una clave, para devolver un texto cifrado y servicios de desencriptación (un método "desencriptaMensaje" que recibe una clave y un texto cifrado para devolver uno descifrado).

22. Template Method: define en una operación el esqueleto de un algoritmo, delegando en las subclases algunos de sus pasos. Permite que las subclases redefinan ciertos pasos del algoritmo sin cambiar su estructura.

23. Visitor: representa una operación sobre elementos de una estructura de objetos. Permite definir una nueva operación sin cambiar las clases de los elementos sobre los que opera. Brinda una forma sencilla y mantenible de realizar acciones sobre una familia de clases.

Ejemplo: un compilador interpreta código fuente y lo representa como un árbol de sintaxis abstracta (Abstract Syntax Tree, AST), el cual cuenta con diversos tipos de nodos (asignaciones, expresiones condicionales, etc.). Sobre este árbol se desean ejecutar algunas operaciones como: revisar que todas las variables fueron declaradas, chequeos de tipos de datos, generación de código, etc. Una forma de realizar estas operaciones es mediante la implementación del patrón Visitor, el cual recorrerá toda la estructura del árbol. Cuando un nodo acepte al Visitor, éste invocará al método de visita definido en el Visitor que toma por parámetro al nodo siendo visitado.

3. Refactorización

Una refactorización es una transformación controlada del código fuente de un sistema que no altera su comportamiento observable, cuyo fin es hacerlo más comprensible y de más fácil mantenimiento. Es una forma disciplinada de limpiar el código minimizando las probabilidades de introducir defectos.

Este proceso permite tomar diseños defectuosos, con código mal escrito (duplicidad, complejidad innecesaria, por ejemplo) y adaptarlo a uno bueno, más organizado. También muestra que el diseño no se da solo al inicio, sino también a lo largo del ciclo de desarrollo, durante la codificación, de manera tal que el diseño original no decaiga.

La figura 1 muestra como luego de haber modificado la estructura interna de la caja (al inicio, gris, con formas irregulares, y al final blanca, con figuras regulares) ante la misma entrada (un óvalo negro), se obtiene la misma salida (un pentágono gris). Esto ilustra la modificación de la estructura interna sin haber modificado el comportamiento observable.

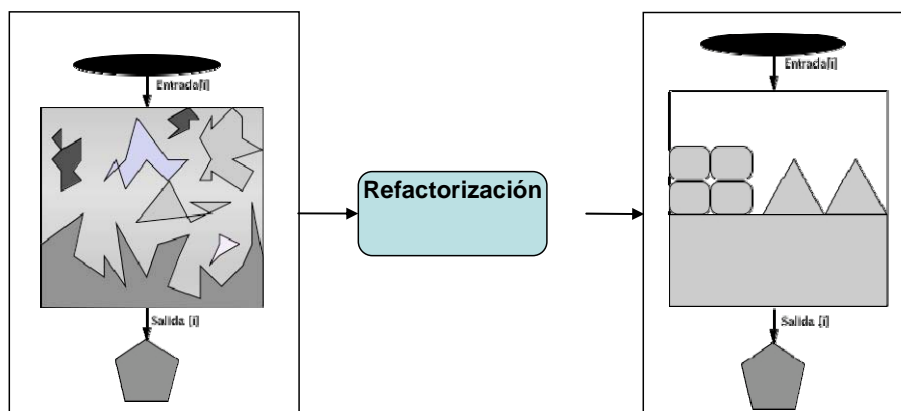


Figura 1. Refactorización: antes y después

3.1. Proceso de refactorizar

Para poder refactorizar de forma satisfactoria es indispensable contar con un buen lote de casos de prueba que validen el correcto funcionamiento del sistema. Estos casos de prueba deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben ser automáticos de manera tal que se puedan ejecutar todos a la vez con simplemente “hacer clic un botón”;
- Deben ser auto verificables de manera tal de no invertir tiempo en la verificación de los resultados de los mismos. Estos errores deben ser reportados por cada caso de prueba;
- Deben ejecutarse de manera independiente uno del otro, de manera tal que los resultados de uno no afecten los resultados del resto.

Los casos de prueba permiten verificar repetida e incrementalmente si los cambios introducidos han alterado el comportamiento observable del programa.

El primer paso del proceso de refactorización es ejecutar las pruebas antes de haber efectuado cualquier cambio, esto provee información sobre el comportamiento actual del sistema. Éstos resultados deben ser los mismos que se obtengan luego de la refactorización. El segundo paso, consiste en analizar los cambios a realizar, y el tercero es, finalmente, la aplicación del cambio. Como fue mencionado anteriormente se vuelven a ejecutar las pruebas, de manera tal de contrastar los resultados antes y luego de efectuada la

refactorización, los cuales deben ser iguales (Fowler et al, 1999). Al ser iguales los resultados de las pruebas se verifica que no se ha modificado el comportamiento observable del sistema y, por consiguiente, no se han introducido fallas.

Cabe aclarar que una optimización de código no es una refactorización ya que si bien tienen en común la modificación del código fuente sin alterar el comportamiento observable del software, la diferencia radica en la forma de impactar el código fuente: la optimización suele agregarle complejidad.

3.1.1 Importancia de las pruebas en el desarrollo de software

Es importante mencionar la relevancia de las pruebas unitarias para el desarrollo de software ya que realizan otros aportes al margen de “comprobar que el código funciona correctamente”, entre los que se encuentran (Massol y Husted, 2003):

- Previenen pruebas de regresión y limitan el debug de código. En primera instancia demuestran que el código fuente funciona correctamente y, también, aportan confianza a la hora de modificar el código ya que se pueden ejecutar nuevamente y verificar si la aplicación del cambio fue correcta. Un buen lote de casos de prueba permite detectar fallas temprano, de manera tal de poder resolverlas con antelación, y reducir el tiempo invertido en la detección de fallas.
- Facilitan la refactorización. Tal como se mencionó con anterioridad, es importante tener casos de prueba que verifiquen el correcto funcionamiento del sistema. El riesgo de introducir una falla luego de una refactorización queda reducido, ya que se pueden detectar a tiempo. Las pruebas unitarias proveen la seguridad suficiente como para facilitar la refactorización.
- Mejoran el diseño de implementación. Es la primera prueba a la que se somete el código fuente, por lo que necesitan que el sistema a probar sea flexible y factible de probar de forma unitaria aislada. Si el código no es fácil de probar de forma unitaria es una señal que indica que debe ser refactorizado.

Si bien los casos de prueba presentan ventajas, también tienen un costo asociado, deben ser mantenidos en línea conforme se modifica el código fuente. Esto significa que si se elimina funcionalidad del sistema deben eliminarse los casos de prueba de dicha funcionalidad, si se agrega funcionalidad se deberán agregar nuevos casos y, si se

modificara funcionalidad existente, las pruebas unitarias deberán ser actualizadas de acuerdo al cambio realizado.

3.2. Aspectos favorables

El proceso de refactorización presenta algunas ventajas, entre las que se encuentran el mantenimiento del diseño del sistema, incremento de facilidad de lectura y comprensión del código fuente, detección temprana de fallos, aumento en la velocidad en la que se programa.

A medida que el software va siendo desarrollado, el equipo de desarrollo va introduciendo cambios, a menudo sin una comprensión profunda del problema a resolver. Esto va ocasionando que el diseño original vaya desvaneciéndose, y sea mas difícil comprender el diseño a partir del código. Éstos cambios van haciendo que de a poco se vaya perdiendo orden en el código y, mientras mas desordenado está, mas difícil es comprenderlo y peor aún mantenerlo. Refactorizar regularmente ayuda a que el código siga representando el diseño.

Una forma importante de mejorar el código es eliminando código duplicado, lo que tiene un impacto directo en las modificaciones futuras del código fuente: mientras mas código hay, mas complicado es modificarlo correctamente ya que hay más código para analizar.

Tanto (Fowler et al, 1999) como (Piattini y García, 2003) coinciden en lo siguiente:

- La refactorización facilita la comprensión del código fuente, principalmente para los desarrolladores que no estuvieron involucrados desde el comienzo del desarrollo. El hecho que el código fuente sea complejo de leer reduce mucho la productividad ya que se necesita demasiado tiempo para analizarlo y comprenderlo. Invirtiendo algo de tiempo en refactorizarlo de manera tal que exprese de forma mas clara cuales son sus funciones, en otras palabras, que sea lo mas auto-documentable posible, facilita su comprensión y mejora la productividad.
- La refactorización permite detectar errores. Cuando el código fuente es más fácil de comprender permite detectar condiciones propensas a fallos, o analizar supuestos desde los que se partió al inicio del desarrollo, que pueden no ser correctos. Mejora la robustez del código escrito.

- La refactorización permite programar mas rápido, lo que eleva la productividad de los desarrolladores. Un punto importante a la hora de desarrollar es qué tan rápido se puede hacer, de hecho un factor clave para permitir el desarrollo rápido es contar con buenos diseños de base.
- La velocidad en la programación se obtiene al reducir los tiempos que lleva la aplicación de cambios: si el código fuente no es fácilmente comprensible, entonces los cambios llevaran mas tiempo. Evita que el diseño comience a perderse. Refactorizar mejora el diseño, la lecto-comprensión del código fuente y reduce la cantidad de posibles fallas, lo que lleva a mejorar la calidad del software entregado, como así también aumenta la velocidad de desarrollo.

3.3. Aspectos desfavorables

Tanto (Fowler et al, 1999) como (Piattini y García, 2003) coinciden en que las áreas conflictivas de la refactorización son las bases de datos, y los cambios de interfaces.

El cambio de base de datos tiene dos problemas: los sistemas están fuertemente acoplados a los esquemas de las bases de datos y el segundo de ellos radica en la migración tanto estructural como de datos. Se deben aplicar los cambios necesarios y luego migrar los datos existentes en la base de datos, lo que es muy costoso.

Uno de los beneficios de la programación orientada a objetos es el hecho de poder cambiar la implementación sin alterar la interface expuesta. El problema del cambio de interface no tiene demasiada complejidad si se tiene acceso al código fuente de todos los clientes de la interface a refactorizar. Sí es problemático cuando ésta se convierte en lo que (Fowler et al, 1999) llama interface publicada (published interface) y no se dispone del código fuente modificable de los clientes de la misma.

3.4. Síntomas que indican la necesidad de refactorizar

Piattini y García (2003) analizan los síntomas que indican la necesidad de refactorizar, a los que Fowler et al (1999) llamaron *bad smells* (malos olores). A continuación se describen brevemente:

1. Duplicated code (código duplicado): Es la principal razón para refactorizar. Si se detecta el mismo código en más de un lugar, se debe buscar la forma de extraerlo y unificarlo.

2. Long method (método largo). Legado de la programación estructurada. En la programación orientada a objetos cuando mas corto es un método más fácil de reutilizarlo es.
3. Large class (clase grande). Si una clase intenta resolver muchos problemas, usualmente suele tener varias variables de instancia... lo que suele conducir a código duplicado.
4. Long parameter list (lista de parámetros extensa): en la programación orientada a objetos no se suelen pasar muchos parámetros a los métodos, sino sólo aquellos mínimamente necesarios para que el objeto involucrado consiga lo necesario. Éste tipo de métodos, los que reciben muchos parámetros, suelen variar con frecuencia, se tornan difíciles de comprender e incrementan el acoplamiento.
5. Divergent change (cambio divergente): una clase es frecuentemente modificada por diversos motivos, los cuales no suelen estar relacionados entre si. Este síntoma es el opuesto del siguiente.
6. Shotgun surgery: éste síntoma se presenta cuando luego de un cambio en un determinado lugar, se deben realizar varias modificaciones adicionales en diversos lugares para compatibilizar dicho cambio.
7. Feature envy (envidia de funcionalidad): un método que utiliza mas cantidad de elementos de otra clase que de la propia. Se suele resolver el problema pasando el método a la clase cuyos componentes son más requeridos para usar.
8. Data class (clase de datos): Clases que sólo tienen atributos y métodos de acceso a ellos ("get" y "set"). Este tipo de clases deberían cuestionarse dado que no suelen tener comportamiento alguno.
9. Refused bequest (legado rechazado): Subclases que usan sólo pocas características de sus superclases. Si las subclases no necesitan o no requieren todo lo que sus superclases les proveen por herencia, esto suele indicar que como fue pensada la jerarquía de clases no es correcto. La delegación suele ser la solución a éste tipo de inconvenientes.

3.5. Momentos para refactorizar

La refactorización no es una actividad que suele planificarse como parte del proyecto, sino que ocurre bajo demanda, cuando se necesita.

Existe la llamada regla de los tres strikes[†] (Fowler et al, 1999) que sostiene que la tercera vez que se debe realizar un trabajo similar a uno ya efectuado deberá refactorizarse. La primera vez se realiza directamente, la segunda vez se realiza la duplicación y finalmente, a la tercera se refactoriza.

Otros momentos propicios para refactorizar son:

- Al momento de agregar funcionalidad. Es común refactorizar al momento de aplicar un cambio al software ya funcionando, a menudo realizar esto ayuda a comprender mejor el código sobre el que se está trabajando, principalmente si el código no está correctamente estructurado.
- Al momento de resolver una falla. El reporte de una falla del software suele indicar que el código no estaba lo suficientemente claro como para evidenciar la misma.
- Al momento de realizar una revisión de código. Entre los beneficios de las revisiones de código se encuentra la distribución del conocimiento dentro del equipo de desarrollo, para lo cual la claridad en el código es fundamental. Es común que para el autor del código éste sea claro, pero suele ocurrir que para el resto no lo es.

La refactorización ayuda a que las revisiones de código provean más resultados concretos, ya que, no solo se realizan nuevas sugerencias sino que se pueden ir implementando de a poco. Esta idea de revisión de código constante es fuertemente utilizada con la técnica de *pair programming* de *extreme programming*. Esta técnica involucra dos desarrolladores por computadora. De hecho implica una constante revisión de código y refactorizaciones a lo largo del desarrollo.

3.6. Momentos para no refactorizar

Así como existen momentos que son propicios para las refactorizaciones, existen otros que no lo son.

[†] En *baseball* y *softball* un *strike* es un buen tiro del *pitcher*. Luego de tres de ellos el bateador queda fuera. Una analogía a esto podría ser "la tercera es la vencida".

Cuando se dispone de código que simplemente no funciona, cuando el esfuerzo necesario para hacerlo funcionar es demasiado grande por su estructura y la cantidad aparente de fallas que hacen que sea difícil de estabilizarlo, lo que ocasiona que se deba reescribir el código desde cero. Una solución factible sería refactorizar el software y dividirlo en varios componentes, y luego decidir si vale la pena refactorizar o reconstruir componente por componente.

El otro momento para no refactorizar es cuando se está próximo a una entrega. En este momento, la productividad obtenida por la refactorización misma será apreciable solo después de la fecha de entrega.

4. Antipatrones

Los antipatrones (*antipatterns*) son descripciones de situaciones, o soluciones, recurrentes que producen consecuencias negativas. Un antipatrón puede ser el resultado de una decisión equivocada sobre cómo resolver un determinado problema, o bien, la aplicación correcta de un patrón de diseño en el contexto equivocado.

Según (Brown et al, 1998) “Un antipatrón es una forma literaria que describe una solución recurrente que genera consecuencias negativas”. Analizando parte por parte esta definición se entiende:

- Forma literaria: descripciones de problemas, no de código.
- Recurrente: si no es un patrón, entonces no es un antipatrón. Se deben establecer diversas ocurrencias del mismo comportamiento erróneo preferentemente en diversos contextos.
- Consecuencias negativas: el diseño debe producir impacto negativo.

La esencia de un antipatrón son dos soluciones, en lugar de un problema y una solución como los patrones de diseño. Estas dos soluciones son: una problemática, que genera consecuencias altamente negativas; y otra llamada refactorizada, en la cual el problema es rediseñado y transformado en una situación más saludable.

Los antipatrones son una iniciativa de investigación del software que se focaliza en soluciones con efectos negativos, contrario a los patrones de diseño. Esta documentación sobre malas prácticas ayuda a los arquitectos y consultores de software a evitar cometer errores

recurrentes. Sin este conocimiento, los antipatrones seguirán apareciendo en los proyectos de software.

4.1. Relación con patrones de diseño y refactorizaciones

Al igual que los patrones de diseño, los antipatrones, proveen un vocabulario común con el fin de mejorar la comunicación en el equipo de desarrollo, de manera tal de poder identificar problemas y discutir soluciones.

Ambos documentan conocimiento con el fin de ser distribuido para su utilización. Mientras que los patrones de diseño documentan soluciones exitosas, los antipatrones documentan soluciones problemáticas: qué salió mal y por qué (Ang et al, 2005).

Brown et al (1998) sostienen que los antipatrones son el lado oscuro de los patrones de diseño, ya que muchas de las veces que se implementan soluciones basadas en patrones no se evalúa que tan aplicables son para el problema que se está intentando resolver. A su vez, muchos desarrolladores conocedores de patrones de diseño tienden a clasificar todo como capaz de ser resuelto con patrones de diseño, previo a haber finalizado el análisis completo del problema.

4.2. Puntos de vista

Según (Brown et al, 1998) existen tres puntos de vista, o niveles, desde los cuales analizar los antipatrones. Ellos son:

- Desarrollo: describe situaciones encontradas por programadores en la resolución de problemas de programación.
- Arquitectura: estos antipatrones se centran en los problemas recurrentes relacionados a la estructura del sistema, sus consecuencias y soluciones.
- Administración: Parte del trabajo de un gerente implica comunicarse con la gente, y resolver problemas. Los antipatrones de administración identifican los principales escenarios donde éstos problemas pueden llegar a ser destructivos para los proyectos de software.

4.3. Componentes

Los antipatrones están formados por dos componentes: causas principales (*root causes*) y fuerzas principales (*primal forces*). El primer componente, las causas principales, son errores recurrentes presentes

en el desarrollo de software cuyo resultado fue el fallo del proyecto, exceso de costos, atrasos de acuerdo a lo planificado u objetivos de negocio no cumplidos. Las causas principales son las siguientes: prisa (haste), indiferencia (apathy), estrechez mental (narrow-mindedness), pereza (sloth), ignorancia (ignorance), orgullo.

Crawford y Kaplan (2003) sostienen que no solo debe analizarse porqué existen los antipatrones, sino que también se debe analizar porqué persisten y se propagan. A menudo las razones son la inexperiencia, el código ilegible, y el desarrollo basado en “copiar y pegar” código (clonación).

Las fuerzas principales son factores presentes en la toma de decisiones. En una solución de diseño, aquellas fuerzas resueltas satisfactoriamente llevan a beneficios y, aquellas que no, llevan a consecuencias negativas. A continuación se listan las fuerzas principales: administración de funcionalidad, administración de desempeño, administración de complejidad, administración de cambio, administración de recursos de IT, administración de transferencia de tecnología

4.4. Un proceso para el uso de antipatrones

Tate (2002) propone un proceso de seis pasos para el estudio de antipatrones (ver Figura 2):

1. Encontrar el problema: una falla en el comportamiento, un error en el diseño, etc.
2. Establecer un patrón de fallas: identificar en qué condiciones se da el problema.
3. Refactorizar el código: el código que produjo el error debe ser refactorizado y, en la medida de lo posible, la nueva solución debería implementarse utilizando patrones de diseño.
4. Publicar la solución: éste conocimiento debe ser diseminado con el fin de que si otros desarrolladores se encuentran con uno similar podrán resolverlo.
5. Identificar debilidades, o posibles problemas del proceso. A menudo las herramientas inducen el mal uso de las mismas, en otras oportunidades son las presiones externas (por ejemplo plazos de entrega) las que lo hacen. Es importante tener presente que el

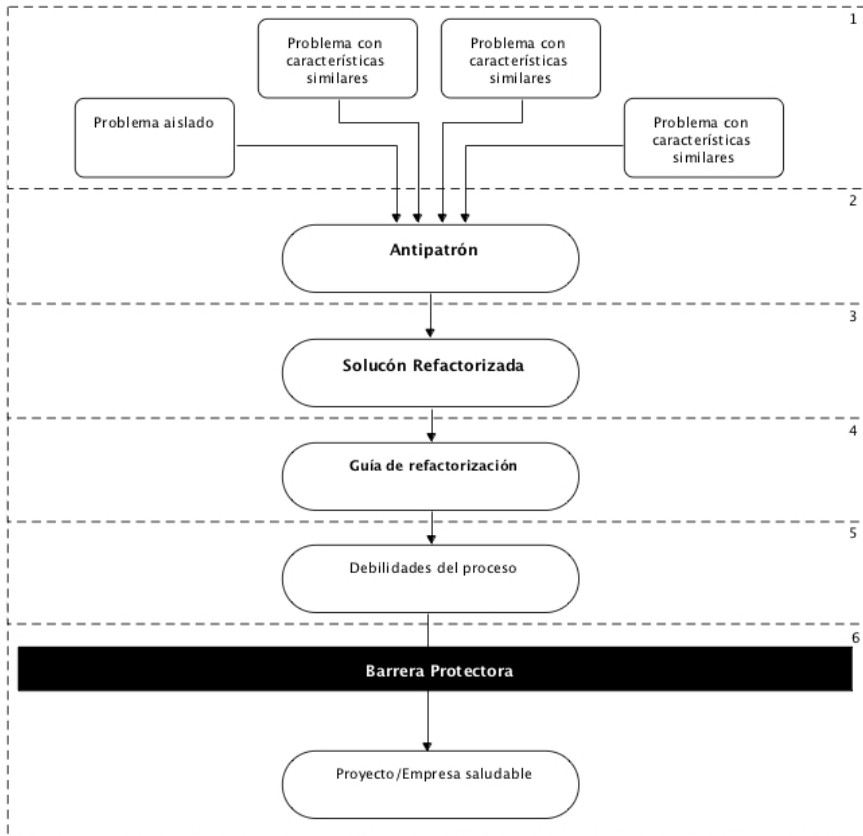


Figura 2: Proceso de aplicación de antipatrones (Tate, 2002)

proceso debe ser realizable por seres humanos imperfectos. En muchos casos, la educación suele ser la solución.

6. Corregir el proceso: Finalmente, una vez identificado y difundido el antipatrón, se construye una barrera entre un problema de iguales características y el proyecto (o empresa), de manera tal que sea posible prevenirlo.

4.5 Catálogo de antipatrones de desarrollo

Los antipatrones de desarrollo de software describen problemas comunes con los que se encuentran los programadores durante el proceso de desarrollo.

Para que un sistema sea fácilmente extensible y mantenible debe estar bien estructurado, lo cual no siempre se logra. A menudo sucede que a medida que se va desarrollando el sistema éste va perdiendo la estructura definida por la arquitectura. Esta estructura va cambiando a medida que los programadores aprenden nuevas restricciones y enfoques que modifican la forma de implementar soluciones. Una forma de volver a estructurar el código fuente es mediante la refactorización.

A continuación se enumeran los antipatrones de desarrollos descriptos por (Brown et al, 1998).

4.5.1 . The Blob

The Blob, God Class o Winnebago es una clase, o componente, que conoce o hace demasiado, aparece en aquellos diseños donde una clase monopoliza la mayoría del comportamiento del sistema, mientras que el resto de las clases sólo encapsulan información. Estos diseños son procedurales, incluso cuando son representados con notación del paradigma orientado a objetos y se implementen en un lenguaje orientado a objetos.

El siguiente ejemplo fue tomado de (Brown et al, 1998). Un módulo de GUI que debe ser extendido para interactuar con un módulo de procesamiento gradualmente toma la funcionalidad de los módulos de procesamiento de fondo (en segundo plano, o background). Un ejemplo de esto es una pantalla de PowerBuilder para alta/consulta de clientes. Esta pantalla permite:

- Mostrar información
- Editar información.
- Realizar validaciones simples. Luego el desarrollador agrega funcionalidad que debería agregarse al motor de decisiones: validaciones complejas; algoritmos que utilizan la información validada para evaluar acciones siguientes
- El desarrollador luego recibe los siguientes requerimientos: extender la GUI a tres formularios; soportar scripts (incluyendo el desarrollo de un motor de procesamiento de scripts); agregar nuevos algoritmos al motor de decisiones.

Este ejemplo ilustra cómo un módulo va acaparando nuevas funcionalidades. En lugar de desarrollar varios módulos independientes se actualiza sólo uno. De haber sido diseñado de forma modular hubiese sido más fácil de extender.

4.5.2. Lava Flow

Lava Flow o Dead Code aparece principalmente en aquellos sistemas que comenzaron como investigación o pruebas de concepto y luego llegaron a producción. La principal característica de este antipatrón es la presencia de distintos flujos o corrientes de previos desarrollos que quedaron diseminados, y se hicieron inservibles. Estos desarrollos anteriores (a modo de investigación) a menudo probaban distintos enfoques para resolver distintos problemas, usualmente apresurados para entregar a término para una demostración, omitiendo documentación.

Ejemplo: En un determinado proyecto de desarrollo se decide construir un marco de trabajo (framework) para desarrollar pantallas de la forma más ágil posible. Este marco de trabajo debe implementarse en Java, y debe permitir desarrollar pantallas de ABM, monitores de consulta, pantallas para previsualizar reportes y a su vez debe permitir también desarrollar otro tipo de pantallas.

A medida que se van realizando las diferentes pruebas (AWT, Swing) el diagrama de clases va creciendo hasta que se obtiene una versión estable del marco de trabajo. Una vez llegado a este punto aquellas ramas del diagrama que no son necesarias no son eliminadas.

La Figura 3 ilustra una jerarquía de clases donde se ven los distintos flujos de desarrollo: una prueba inicial con tecnología AWT, unas primeras pruebas con tecnología SWING, algunas clases sin relación con el resto de la jerarquía, y finalmente la versión estable del marco de trabajo realizado en SWING con el uso de Actions, Listeners y PropertyChangeSupport.

4.5.3. Functional Decomposition

Functional Decomposition o No object oriented AntiPattern. Cuando desarrolladores experimentados en programación estructurada, quienes se hallan cómodos con una rutina principal (main) que llama a diversas subrutinas para realizar el trabajo, diseñan sistemas orientados a objetos suelen traducir sus diseños estructurados a orientados a objetos: traducen cada subrutina como una clase. El resultado de este antipatrón es código estructurado representado en una jerarquía de clases, lo cual suele ser bastante complejo.

El siguiente ejemplo fue tomado de [Brown et al, 1998]. La descomposición funcional se basa en la utilización de funciones para

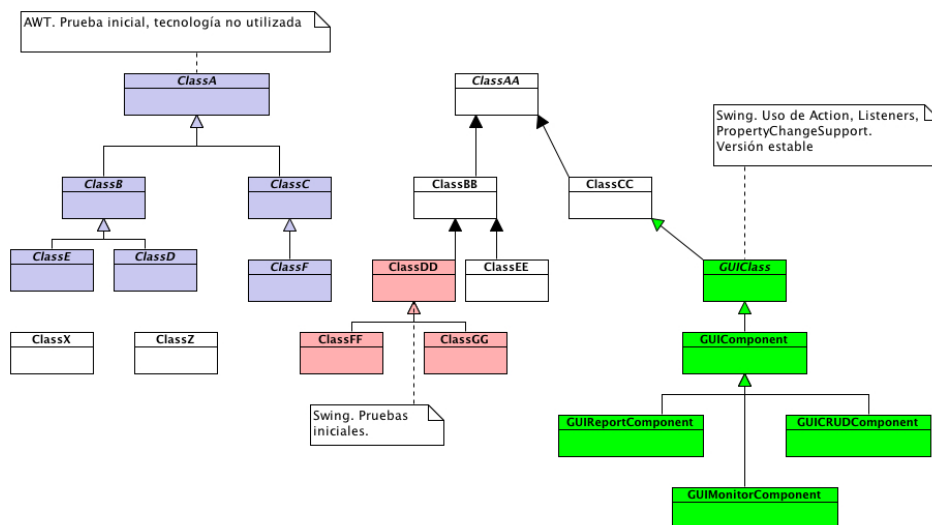


Figura 3. Ejemplo del antipatrón Lava Flow.

manipulación de datos. Las funciones, a menudo, son métodos en un entorno orientado a objetos. Cuando la separación de funcionalidades se realiza mediante distintos paradigmas puede llevar a diversas agrupaciones de funciones y datos. La Figura 4(a) ilustra una versión funcional de un sistema de préstamos a clientes, donde las principales funcionalidades son agregar nuevos clientes; actualizar direcciones de clientes; calcular préstamos a otorgar a clientes; calcular los intereses a cobrar por préstamos; calcular el plan de pagos, modificar el plan de pagos. La Figura 4(b) ilustra la versión orientada a objetos del mismo sistema, donde las funciones fueron mapeadas a métodos.

4.5.4. Poltergeists

Poltergeists, o Gipsy, o Proliferation of Classes, o Big Dolt Controller Class. Las clases poltergeists (fantasmas) se caracterizan por tener pocas responsabilidades dentro del sistema y un ciclo de vida bastante breve, ya que “aparecen” solamente para iniciar algún método en alguna clase, a menudo en un determinado orden. Son de relativa facilidad de encuentro ya que sus nombres suelen llevar el sufijo “controller” o “manager”. Estas clases desordenan el diseño ya que agregan abstracciones innecesarias, son excesivamente complejas, difíciles de mantener y comprender.

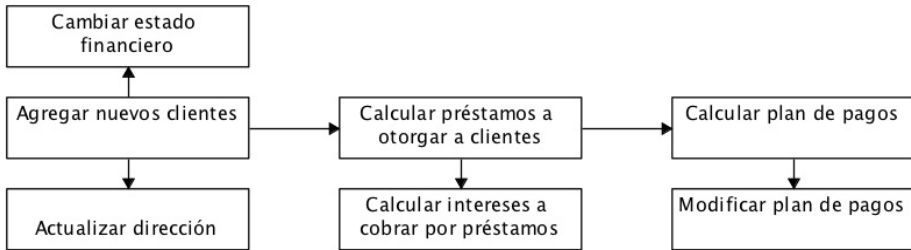


Figura 4(a). Versión funcional del sistema de préstamos

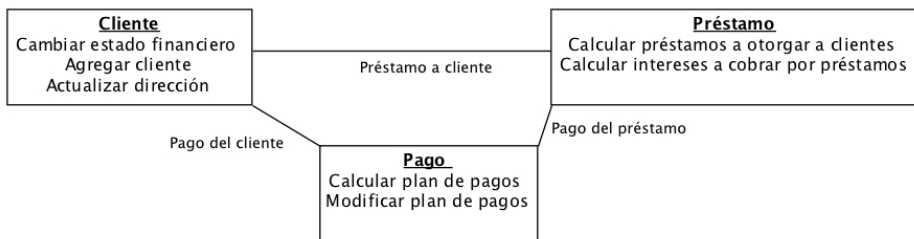


Figura 4(b). Versión orientada a objetos del sistema de préstamos

Ejemplo: La Figura 5(a) ilustra el sistema interno de una máquina de café, en la que se ve que la clase `CoffeeMachineController` es un Poltergeist porque (i) no tiene estado, (ii) posee relaciones redundantes con el resto de las clases del modelo, y (iii) posee ciclo de vida reducido. La Figura 5(b) ilustra la solución refactorizada, donde se ha eliminado la clase `CoffeeMachineController`, se han trasladado las responsabilidades de ella a `CoffeeMachine` y se ha actualizado la jerarquía de clases.

4.5.5. Golden Hammer

Golden Hammer, u Old Yeller, o Head in the Sand. Un martillo de oro (Golden Hammer) es cualquier herramienta, tecnología o paradigma que, según sus partidarios, es capaz de resolver diversos tipos de problemas, incluso aquellos para los cuales no fue concebido. Este antipatrón tal vez sea uno de los más comunes de la industria y radica en la creencia de que una tecnología o herramienta realizará mejoras significativas sobre la productividad, reducirá la cantidad de errores y

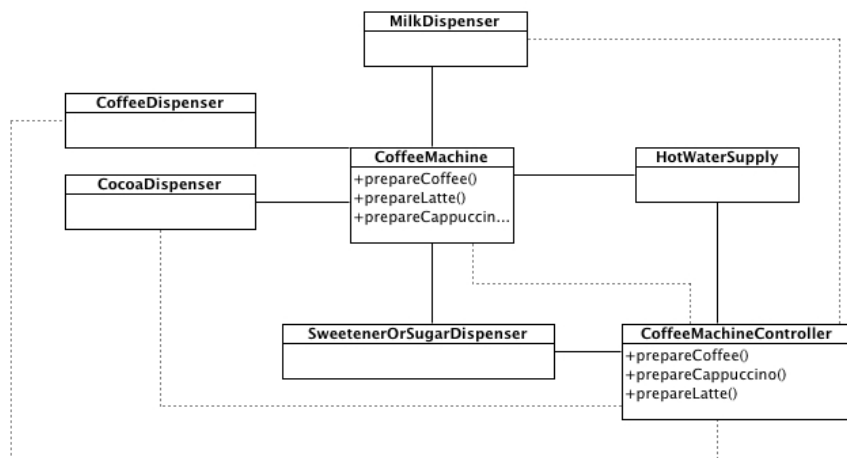


Figura 5(a) Ejemplo Poltergeist

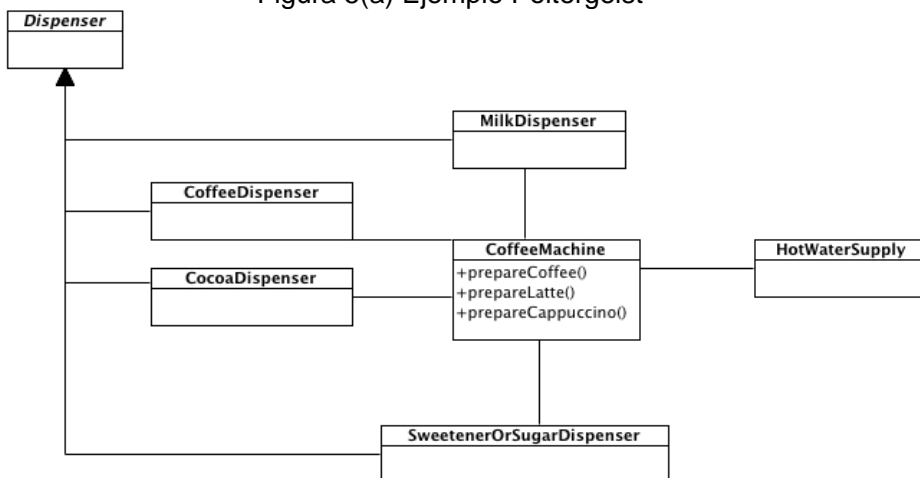


Figura 5(b) Ejemplo Poltergeist refactorizado

disminuirá la cantidad de líneas de código, sin desventajas significativas.

Este antipatrón se da cuando un equipo consigue un alto nivel de competencia en una determinada solución/tecnología (Golden Hammer), lo que hace que cada nuevo desafío que se tenga que afrontar sea mejor resuelto con la herramienta ya conocida. A menudo, el Golden Hammer es un despropósito al problema, pero no se invierte esfuerzo alguno para explorar soluciones alternativas.

Ejemplo: En aplicaciones basadas en procesamiento de mensajes de texto la complejidad es uno de los peores enemigos, para estas aplicaciones XML es el mas reciente Golden Hammer.

Cuando se desarrollan aplicaciones para procesamiento de mensajes de texto el tipo de mensaje tiene un impacto significativo en desempeño y complejidad de la misma. El lenguaje XML posee características que lo hacen interesante: un buen meta-modelo, estructura bien definida y flexibilidad. El problema radica en que el costo y complejidad del mismo puede ser prohibitivo para problemas simples. Es por esto que su uso debería limitarse a circunstancias tales como:

- El bajo acoplamiento es mucho más importante que el rendimiento/desempeño.
- La aplicación hace un fuerte uso de meta-data
- Productores y consumidores de mensajes son aplicaciones distintas, posiblemente con distintos planes de desarrollo y mantenimiento.

4.5.6. Spaghetti Code

Este es el más clásico y famoso antipatrón, el cual pasó de los lenguajes no orientados a objetos a los orientados a objetos. Este antipatrón se manifiesta como un sistema con poca estructura donde los cambios y futuras extensiones se tornan difíciles por haber perdido claridad en el código, incluso para el autor del mismo.

Cuando el sistema está desarrollado en un lenguaje orientado a objetos, este suele incluir pocos objetos con métodos cuyas implementaciones suelen ser extensas que terminan invocando a un solo flujo.

Ejemplo: La emisión de formularios (reportes o informes) agrupan y totalizan información de acuerdo a ciertos criterios dados, por ejemplo un informe de ventas sumará las ventas de los vendedores y las agrupará por mes y vendedor. Un ejemplo de este antipatrón sería la generación del reporte en un solo método donde se realiza todo el proceso:

- Conexión a la base de datos
- Obtención de los datos
- Agrupar y totalizar datos (agrupar por mes y vendedor, sumar ventas)
- Generación de salida resultante
A un archivo

A pantalla

- Cierre de conexión de base de datos.

4.5.7. Copy-And-Paste Programming

Copy-And-Paste Programming, Clipboard coding, Software cloning, o Software propagation. Este antipatrón se basa en la idea de que es más fácil modificar código preexistente que programar desde el comienzo. Se caracteriza por la presencia de fragmentos similares de código diseminados por todo el sistema, que suelen ser modificaciones de otros ya existentes realizadas por desarrolladores poco experimentados. Estos desarrolladores aprenden mediante la modificación de ejemplos producidos por desarrolladores más experimentados. Mas aún, es más fácil extender este código ya que el desarrollador tiene control absoluto sobre él, y puede modificarlo para cumplimentar modificaciones a corto plazo de manera tal de satisfacer nuevos requerimientos.

La duplicación de código puede tener efectos positivos a corto plazo, como por ejemplo el incremento en la cantidad de líneas de código, que puede ser utilizado como indicador de desempeño de los desarrolladores.

Ejemplo: Un elemento común a muchos sistemas es el uso de bases de datos para el almacenamiento y obtención de información. Idealmente se debería realizar un componente que abstraiga al programador de cuestiones propias de cada proveedor de base de datos, obtención y cierre de la conexión de base de datos, y que se ocupe solo del problema a resolver una vez obtenida la conexión. Esto es de fácil resolución mediante la implementación del patrón de diseño Template Method, siendo los pasos del algoritmo los siguientes:

1. Obtención de la conexión de base de datos
2. Implementar proceso de negocio que haga uso de la conexión, por ejemplo obtener un listado de ventas. Esta porción del algoritmo debería implementarse como un método abstracto.
3. Cierre de la conexión y manejo de posibles errores.

En un determinado proyecto de desarrollo de software no se tienen en cuenta estos recaudos y el acceso a la base de datos es manejado libremente por los desarrolladores. Los desarrolladores menos experimentados comienzan a copiar y pegar código realizado por los desarrolladores más experimentados. Durante las pruebas del

sistema se ve que éste comienza a quedarse sin conexiones a la base de datos. El problema: las rutinas de acceso a la base de datos no cerraban las conexiones una vez realizadas las tareas necesarias.

Al haber copiado y pegado esa porción de código por todo el sistema se deberá corregir cada una de las ocurrencias de la falla.

5. Conclusiones

La idea central del uso de Patrones de Diseño y Antipatrones de Desarrollo básicamente consiste en la utilización de técnicas de éxito comprobado y prevención de errores recurrentes, respectivamente.

Existe una ventaja que comparten las tres técnicas mencionadas en el presente artículo, y esta es una mejora cultural, la cual incluye un avance en la comunicación y la documentación. Esto puede sostenerse según el siguiente análisis:

- Los Patrones nominan soluciones exitosas, los Antipatrones situaciones no exitosas y las Refactorizaciones síntomas (“bad smells”). Esta definición de términos comunes permite expresar mas ideas con menos palabras. A modo de ejemplo, cuando se indica que para resolver un problema dado debe aplicarse un determinado patrón, enseguida se recuerdan las clases participantes, colaboraciones típicas y consecuencias.

Otro factor importante sobre la definición de un vocabulario común está relacionado con la madurez de la disciplina. Otras disciplinas con mayor madurez, por ejemplo Derecho, Química y Física, entre otras, presentan un vocabulario que les es propio.

- Un aspecto a resaltar sobre la documentación es la actitud de colaboración al respecto. A medida que nuevos Patrones y Antipatrones son descubiertos, éstos son publicados y con el tiempo están disponibles a la comunidad, por ejemplo puede encontrarse información sobre Patrones en “Hillside.net – Home Of Pattern Library”, y sobre Antipatrones en “Source Making”. Esta documentación contiene información recopilada sobre experiencias exitosas y fallidas, la cual puede ser utilizada con el propósito de mejorar la calidad del software producido.

Esta ventaja de comunicación y documentación representa, en función de lo expuesto en el artículo y lo enunciado precedentemente, el principal beneficio del uso de Patrones y Antipatrones.

Por otra parte estas mejoras en la comunicación tienen un impacto directo en la productividad de los equipos de desarrollo. Éstos reducirán el tiempo de discusiones en las reuniones de diseño gracias al uso de un vocabulario compartido.

En cuanto a la calidad del software producido puede sostenerse que la mantenibilidad (capacidad del producto software para ser modificado (Piatini et al, 2007)) y portabilidad (capacidad del producto software para ser transferido de un entorno a otro (Piatini et al, 2007)) son impactadas por el uso de éstas técnicas:

- **Mantenibilidad:** esta puede ser mejorada mediante Refactorizaciones ya que su aplicación impactaría en la capacidad del código fuente para ser analizado. La capacidad para ser cambiado se vería impactada por la utilización de Patrones de Diseño ya que éstos agregarían flexibilidad donde sea necesaria.
- Por su parte los Antipatrones permitirían evitar o salir de situaciones infructuosas, tales como la aplicación incorrecta de un patrón de diseño, o la obtención de un diseño menos apropiado por refactorizar de forma incorrecta.
- **Portabilidad.** Al igual que en la Mantenibilidad, el uso de Patrones de Diseño y Refactorizaciones pueden mejorarla. Aquí el aspecto a mejorar es la adaptabilidad.

Patrones de diseño, Refactorizaciones y Antipatrones representan una mejora en el modo de aplicar el conocimiento de diseño. Es por ello que su aplicación en los procesos de Ingeniería de Software indica un paso en su perfeccionamiento y evolución. Aunque, en algunas oportunidades, la utilización errónea, o el abuso, de Patrones de Diseño puede producir efectos nocivos e ir en detrimento de la calidad y mantenibilidad del software producido. A la hora de aplicar Patrones de Diseño se debe analizar si realmente vale la pena agregar cierta complejidad al diseño en pos de otro tanto de flexibilidad, por lo que se debe ser un consumidor crítico de ellos.

Ante las nuevas metodologías ágiles de desarrollo, en las cuales la tendencia es hacia la simplicidad del diseño, el uso de Patrones de Diseño está casi rechazado en pos de un poderoso proceso de

Refactorización. Aquí el foco está en la semántica, éstas metodologías buscan mantener el código lo más semántico posible, cosa que no necesariamente es factible mediante el uso de Patrones de Diseño donde podrían aparecer clases y colaboraciones que no necesariamente tienen su representación en el negocio.

Respecto de la aplicación de Antripatrones para mejorar procesos en las organizaciones hay que tener especial cuidado en la forma de aplicarlos. Estos no deben ser aplicados en forma insidiosa, buscando responsables a los cuales reprender por su existencia o perduración, sino que deben ser utilizados con el fin de resolver problemas que surgen en torno al desarrollo de software. Debe recordarse que los Antipatrones identifican claramente las malas prácticas para ayudar a evitarlas o resolverlas.

La presencia y perduración de Antipatrones significa una cosa: se están haciendo cosas de forma incorrecta, y cuando esto ocurre es porque no se está tomando la debida responsabilidad en el trabajo. Una forma de evitar la continuidad de los Antipatrones es mediante la motivación hacia los equipos de desarrollo para que reconozcan la existencia de los problemas, para lo cual deben: identificar el problema, determinar qué se está haciendo para resolverlo y qué están haciendo ellos para resolverlo.

Es importante tener presente que, si bien estas tecnologías tienen poca madurez están evolucionando rápidamente y que en un futuro no muy lejano serán un factor casi obligatorio para garantizar la calidad del software. En este futuro, la reinención de soluciones cederá lugar en favor del crecimiento fundamentado en bases ya afianzadas en Ingeniería de Software

Bibliografía

- Ang, J., Cherbakov, L. y Mamdouh, I. *SOA Antipatterns*. www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-antipatterns, 2005. Página vigente al 2009-06-07.
- Brown, W. J., Malveau, R. C. y Thomas J. M. *AntiPatterns: Refactoring Software, Architectures, and Projects in Crisis*. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 1998.
- Crawford, W. C. R. y Kaplan, J. *JJ2EE Design Patterns*. O'Reilly, Estados Unidos, 2003.

- Fowler, M., Beck, K., Brant, J., Opdyke, W. y Roberts, D. *Refactoring: Improving the Design of Existing Code*. Addison Wesley, Estados Unidos, 1999.
- Fowler, M. Patterns. *IEEE Software*. Marzo-Abril 2003, 2-3. Disponible en martinfowler.com/ieeeSoftware/patterns.pdf
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. y Vlissides, J. *Patrones de Diseño*. Pearson Educación, Méjico, 1995.
- Massol, V. y Husted, T. *JUnit in Action*. Manning Publications, Estados Unidos, 2005.
- Piattini Velthuis, M. G. y García Rubio, F. O. *Calidad en el desarrollo y mantenimiento del software*. Alfa Omega Grupo, Méjico, 2003.
- Piattini Velthuis, M. G., García Rubio, F. O. y Caballero, I. *Calidad de sistemas informáticos*. Alfa Omega Grupo Editor, Méjico, 2007.
- Tate, B. A. *Bitter Java*. Manning Publications, Estados Unidos, 2002.
- Vlissides, J. Patterns: The Top Ten Misconceptions. *Object Magazine*, Marzo 1997. Disponible en www.research.ibm.com/designpatterns/pubs/top10misc.html. Página vigente al 2009-06-07.