

UNA METODOLOGIA PARA EL ANALISIS Y OPTIMIZACION DE MODELOS QUE EVALUAN LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA

Prof. Dr. –Ing. Francisco Alba Juez¹, Prof. Dr. –Ing. Francisco Aparicio Izquierdo².

Resumen-- El presente trabajo está encuadrado dentro de los campos de la calidad total, y de la educación superior, y dentro de esta, específicamente en lo que hace a la formación de Ingenieros. Se ha diseñado una metodología que permite analizar y optimizar Modelos que Evalúan la Calidad de la Enseñanza. Dicha metodología, se ha aplicado al análisis y optimización del Sistema SECAI (Sistema de Evaluación de la Calidad de las Enseñanzas de la Ingeniería, desarrollado en el marco del Programa Columbus de la Comunidad Europea), utilizando los datos emergentes de la aplicación de SECAI a la evaluación de nueve Carreras de Ingeniería de cinco Universidades de diferentes países. La metodología diseñada se ha obtenido utilizando una estrategia de análisis mixta entre experimentación y métodos estadísticos, lo cual ha hecho posible definir criterios suficientemente científicos y estables, que han permitido obtener un Modelo Optimizado, cuya aplicación a las nueve Carreras de las cinco Universidades antes mencionadas, ha arrojado resultados análogos a los obtenidos con el Modelo SECAI Original, mejorando su eficiencia sin disminuir su eficacia.

En este trabajo se ha diseñado una metodología para analizar y optimizar modelos que son utilizados para evaluar la calidad del proceso de enseñanza aprendizaje de Instituciones Universitarias, pero nada impide extender su aplicación a procesos o sistemas que no tengan nada que ver con la educación superior.

El modelo elegido para analizar y optimizar ha sido el Modelo SECAI (Sistema de Evaluación de la Calidad de la Enseñanza de Ingeniería) desarrollado en el marco del programa COLUMBUS DE LA COMUNIDAD EUROPEA. Por un grupo de expertos en evaluación de la enseñanza de la Ingeniería, procedente de los siguientes centros:

- IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE – INGLATERRA
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MONTERREY – MEXICO
- POLITÉCNICO DE TORINO – ITALIA
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE BOGOTÁ – COLOMBIA
- TESCHNISCHE HOCHSCHULE – DARMSTADT – ALEMANIA

- UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO – CHILE
- UNIVERSIDAD DE RIO DE JANEIRO – BRASIL
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID – ESPAÑA
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA – ARGENTINA

Analizando los conceptos y fundamentos que han servido como base para el diseño y estructuración del Modelo SECAI, rápidamente se advierte que estos responden a los conceptos y fundamentos del Control de Calidad Total aplicado en la industria, naturalmente, con las adaptaciones pertinentes al campo de aplicación para el que ha sido diseñado, esto es, la enseñanza superior. En este modelo se define Calidad de la Enseñanza de la siguiente manera:

“La enseñanza es de calidad en la medida en que se logran los objetivos previstos y estos son adecuados a las necesidades de la sociedad y de los individuos que se benefician de ella”.

Esta definición nos conduce al diseño del plan de estudios y especialmente, a los objetivos formativos, su pertinencia y su realismo.

En función de esto, los expertos de SECAI han considerado como una buena base a la hora de establecer una estrategia de evaluación de la calidad de la enseñanza, centrar ésta, en la institución, que ofrece un programa de estudios, su misión, sus fines, el contexto social al que debe servir, el proceso interno de enseñanza - aprendizaje que desarrolla y la concordancia entre logros, objetivos previstos y recursos utilizados.

Con todo esto, llegamos al concepto de “Calidad Global de la Enseñanza”, equivalente al de “Calidad Total” utilizado en las empresas industriales, puesto que se plantean, ahora, varios componentes de la calidad de la enseñanza:

- *Calidad del plan de estudios*
- *Calidad del proceso de enseñanza*
- *Calidad de resultados inmediatos*
- *Calidad de integración*
- *Calidad de servicio o de resultados a medio y largo plazo*

¹Presidente de la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica – Director del Instituto de Mecánica Aplicada – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan- Avenida Libertador 1109 – oeste – C.P. 5400 – Capital – San Juan – Argentina – Tel.-Fax: 0264-4210277 – E-mail: falba@unsj.edu.ar

²Vicepresidente de la Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica-Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid – España – Escuela Superior de Ingenieros Industriales – José Gutiérrez Abascal N° 2 – Tel.: 0034-91-3365304 – E-mail: faparcio@insia.upm.es

Para evaluar cada uno de los componentes de calidad antes definidos, se utilizan indicadores de calidad.

Estos indicadores deberán ser cuantitativos y cualitativos.

Es de destacar que si bien la utilización de Indicadores cualitativos es insoslayable, su valoración objetiva resulta extremadamente difícil.

El Modelo SECAI se estructura en un conjunto de 94 indicadores a través de los cuales se pretende evaluar los siguientes factores de calidad:

1. Plan de Estudios
2. Condiciones de ingreso de los estudiantes (entrada proceso)
3. Proceso de enseñanza – aprendizaje
4. Resultados inmediatos
5. Integración de los graduados

Cada indicador es valorado con una escala de 1 a 5, utilizándose el cero cuando no se puede valorar o calificar

por falta de datos u otras razones, vale decir: 5 → MUY ALTA, 4 → ALTA, 3 → MEDIA, 2 → BAJA, 1 → MUY BAJA, 0 → SIN CALIFICACION POR FALTA DE DATOS U OTRAS RAZONES.

Además, con el objeto de que el auditor o evaluador pueda emitir un juicio globalizado acerca de cada factor o subfactor, se utilizan índices de calidad cuya valoración es también de 1 a 5, valoración que no tienen porqué coincidir con el valor medio de las valoraciones o calificaciones otorgadas a los indicadores de su grupo, ya que eso supondría atribuir el mismo peso a cada uno, lo cual no tiene ningún, fundamento, ni teórico, ni práctico.

En resumen, este Modelo en su versión original, está compuesto por cinco factores, 6 subfactores, 94 indicadores, 9 subíndices de calidad y 5 índices de calidad.

A continuación se presenta una planilla resumen utilizadas para las evaluaciones internas y externas:

Cuadro I:
Planilla de Resumen

CRE-COLUMBUS		SISTEMA DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS ENSEÑANZAS DE INGENIERIA (SECAI)										INSTITUCION (CODIGO)			
PLAN DE ESTUDIOS		I. ESTUDIANTES		PROCESO DE ENSEÑANZA								RESULTADOS		INTEGRACION	
PARTICIPACION	CONTENIDO			GESTION		PROFESORES		INSTALACIONES		F. DIDACTICOS					
11001	13001	20001		31001		32101		33101		34001		40001		50001	
11002	13002	20002		31002		32102		33102		34002		40002		50002	
11003	13003	20003		31003		32103		33103		34003		40003		50003	
METODOLOGIA		13004		20004		31004		32104		33104		34004		40004	
12001	13005	20005		31005		32105		33105		34005		40005		50005	
12002	13006	20006		31006		32106		33106		34006				50006	
12003	13007			31007		32107		33107		34007				50007	
12004	P. EN MARCHA			31008		32108		EQUIPOS		34008				50008	
12005	14001			31009		32109		33201		34009					
12006	14002			31010		32110		33202		34010					
12007	14003			P. SERVICIOS		32111		33203		34011					
	14004			32201		32112		33204		34012					
	14005			32202				33205		34013					
				32203				33206		34014					
				32204		I ₃₂₁		I ₃₃₁							
I ₁₁	I ₁₃					I ₃₂₂		I ₃₃₂							
I ₁₂	I ₁₄			I ₃₁		I ₃₂		I ₃₃		I ₃₄					
I ₁ =		I ₂ =		I ₃ =								I ₄ =		I ₅ =	

En función de lo expresado y dado que efectivamente, el Modelo SECAI ha sido diseñado teniendo en cuenta los conceptos y fundamentos del Control de Calidad Total en la Industria, se decidió tener en cuenta estos mismos fundamentos y conceptos para analizarlo y optimizarlo, por cuanto, en nuestra opinión, existía una súperabundancia de indicadores.

Básicamente el Control de Calidad Total en la Industria se define como:

“El conjunto de esfuerzos efectivos de los diferentes grupos de una organización para la integración del desarrollo, del mantenimiento y la superación de la calidad de un producto, con el fin de hacer posibles fabricación y servicio a satisfacción del consumidor y al nivel más económico”.

Por otra parte, en el Control de Calidad Total se deben seguir los siguientes cuatro pasos:

1. *Control de Calidad en toda la organización, con la participación de todos los miembros de la misma.*
2. *Educación y capacitación en Control de Calidad para todo el personal*
3. *Auditoría de Control de Calidad Interna y externa.*
4. *Utilización de Métodos Estadísticos*

En función de todo esto, el fundamento del concepto de Calidad Total es que: *“el control debe iniciarse con el diseño del producto, y no termina sino cuando este llega a manos del consumidor y lo satisface”.*

En la elaboración del Modelo SECAI se han tenido en cuenta todos estos pasos y fundamentos, excepto el 4, es decir, la utilización de métodos estadísticos, métodos que nosotros utilizaremos para analizar y optimizar el Modelo SECAI.

Veamos que es lo que se hace en la industria.

En primer lugar diremos que las características de calidad de un producto, proceso o sistema, cualesquiera sean estos, son dos:

- *Características de calidad reales*
- *Características de calidad sustitutas*

Por ejemplo, en un buen automóvil de turismo, las características de calidad reales o atributos que los consumidores exigen son los siguientes :

- *Buen diseño*
- *Facilidad de conducción*
- *Confort*
- *Buena aceleración*
- *Estabilidad a altas velocidades*
- *Durabilidad*
- *Seguridad*
- *Facilidad de reparación*

Como se puede ver, las características de calidad reales son generalmente subjetivas y por lo tanto muy difíciles de medir, y aquí surge el problema fundamental a resolver, que es: como lograr estas características, que son las que demanda el consumidor. Las empresas que mejor logran esto, son las que ganan el mercado.

Las características de calidad sustitutas son, en cambio, aquellas que se pueden medir y las que hay que definir para poder lograr las características de calidad reales.

En el caso del automóvil, las características de calidad sustitutas serían, por ejemplo :

- *las materias primas*
- *la resistencia de los materiales*
- *los procesos de fabricación y maquinado*
- *las tolerancias*
- *los tratamientos térmicos*
- *etc.*

Características éstas que rápidamente se advierte que son medibles, y por tanto, objetivas.

Ahora bien, el proceso a seguir para obtener las características reales a partir de las sustitutas, es el siguiente :

- *Definir las características de calidad reales para un producto dado.*
- *Resolver el problema de como medir tales características y como fijar las normas de calidad para el producto.*
- *Determinar las características de calidad sustitutas*
- *Establecer la relación entre las características de calidad reales y las sustitutas mediante estadísticas y análisis de calidad.*

En general, una vez definidas las características de calidad reales (mediante encuestas, estudios de mercado, etc.) y las posibles características de calidad sustitutas (mediante el concurso de especialistas) que nos permitirán alcanzar dichas características reales, se debe realizar un análisis de calidad estadístico para determinar cuales de estas características sustitutas seleccionadas, son las que nos permitirán alcanzar las reales, e incluso no habrá que extrañarse si algunas de ellas no tiene ninguna o escasa relación con las reales.

Para poder realizar este análisis, normalmente se diseña un modelo que recurre a indicadores de tipo cuantitativo y cualitativo, y en general, se puede decir que los indicadores cualitativos representarán características de calidad reales, mientras que los indicadores cuantitativos se referirán a características de calidad sustitutas, aunque alguno de ellos puede representar una característica de calidad real.

Por lo tanto el problema básico consiste en diseñar una metodología que nos permita determinar el grado de correlación que existe entre estos indicadores.

Diseñada esta metodología, estaremos en poder de una herramienta que nos permitirá, en primer lugar, optimizar el modelo, y en segundo lugar, efectuar su validación.

El problema ya complejo de determinar la calidad de un proceso, sistema o producto industrial, se vuelve – en el caso de una Universidad – altamente complejo, por cuanto el sistema universitario, es uno de los sistemas más complejos que existen, pues está sometido a una serie de condiciones y presiones a los que obviamente no está sometida una fábrica de automóviles y dado que en el caso de la Universidad, el producto son personas, el problema se vuelve más complejo aún, por cuanto las características de calidad reales, se hacen más difíciles de definir y naturalmente, mucho más difíciles de medir y objetivar, y muchas de las que llamaríamos características de calidad sustitutas, definidas por indicadores cuantitativas que se utilizan normalmente a la hora de evaluar Instituciones Universitarias, ni tienen relación, ni presentan ayuda alguna para definir las características de calidad reales del “producto” ni del sistema, aunque puedan medir la eficiencia de este, que en última instancia podría considerarse como una característica de calidad real de él, pero sin que tenga nada que ver en las características de calidad reales del “producto”, que es lo que finalmente importa

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL MODELO

La metodología de análisis y optimización se ha basado en la aplicación de dos métodos estadísticos en conjunción con el método de “juicio de expertos”, habiéndose utilizado los resultados de la aplicación de SECAI a nueve carreras de cinco Universidades, que son las siguientes:

1. UNIVERSIDAD: P.J.B.C.
CARRERA: Ingeniería Electrónica
2. UNIVERSIDAD: N.M.P.A.
CARRERA: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
3. ESCUELA: P.N.Q.E.
CARRERA: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
4. UNIVERSIDAD: P.M.E.
CARRERA: Ingeniería Técnica Aeronáutica
5. UNIVERSIDAD: C.V.CH.
CARRERA: Bioquímica
CARRERA: Ingeniería Eléctrica
CARRERA: Ingeniería Mecánica
CARRERA: Ingeniería Química
CARRERA: Ingeniería Industrial

OBJETIVO DE LA OPTIMIZACIÓN

El objetivo de la optimización es reducir el número de indicadores sin que pierda eficacia el modelo en cuanto a los resultados de la evaluación y en lo que respecta a la información que suministra para abordar futuros procesos de mejoras de la calidad.

METODOLOGIA

Para lograr este objetivo se ha seguido un desarrollo metodológico basado en dos hipótesis fundamentales:

1. *El modelo original de 94 indicadores elaborado durante un largo periodo, en el que han intervenido un gran número de expertos y docentes, incluye la totalidad de los factores que influyen en la calidad de la enseñanza.*
2. *Es posible reducir el número de indicadores sin que exista pérdida de información significativa para la evaluación de la calidad, mejorando la eficiencia del modelo sin pérdida de eficacia.*

Para realizar el análisis y optimización del modelo, se contó con las evaluaciones internas (CEI) y externas (CEE) de las nueve carreras, plasmadas en las respectivas Planillas Resumen. Además se contó con un análisis del modelo, efectuado por 40 expertos, docentes y Directivos de Centros Universitarios. Dicho análisis se había efectuado dos años después de haberse diseñado SECAI y habiéndose evaluado ya varias carreras de Ingeniería de distintas Universidades de varios países, con el objeto de reducir el número de indicadores.

Muchos de estos expertos habían actuado como evaluadores externos de SECAI, y por tanto conocían muy bien el modelo.

Como resultado de este análisis, los 40 expertos concluyeron en que, efectivamente, los indicadores eran demasiados y por tanto recomendaron reducirlos ya fuese eliminando algunos no demasiado importantes o agrupándolos en la forma más conveniente.

De esta acción surge una propuesta de modelo optimizado, basada exclusivamente en el juicio de expertos, que reduce los 94 indicadores a sólo 69.

En función de todo esto, el desarrollo metodológico y los instrumentos, para realizar el análisis y optimización, motivo de este trabajo, se representa en el siguiente esquema:

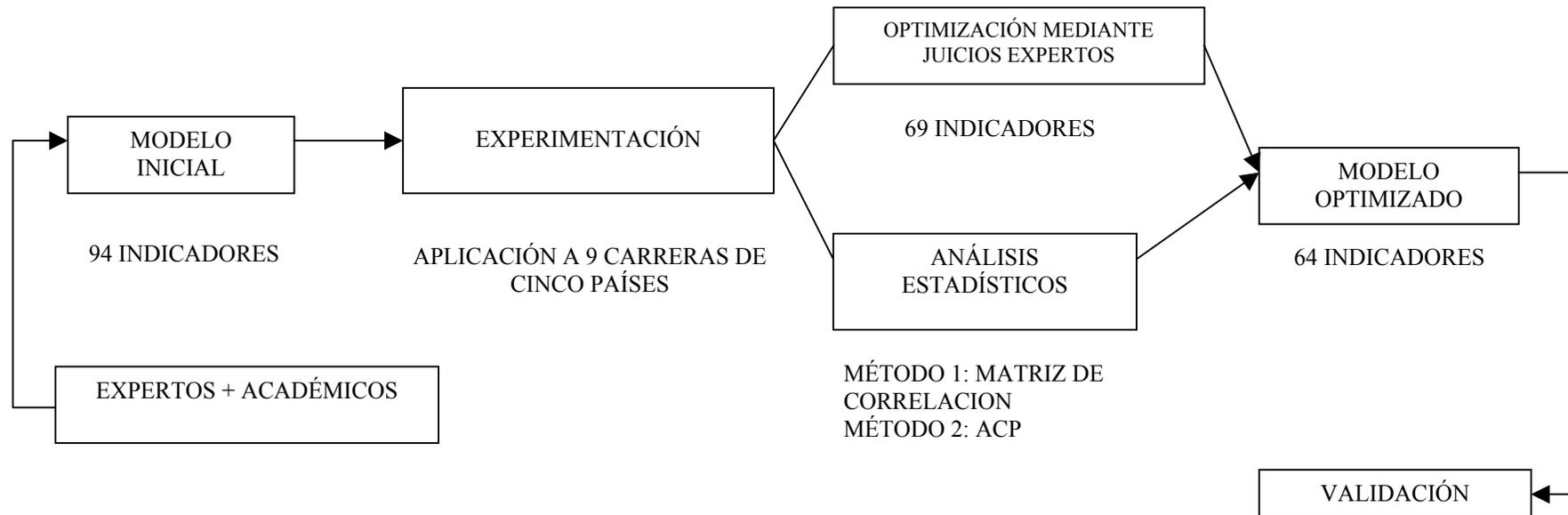


FIGURA I:
Desarrollo Metodológico e Instrumentos

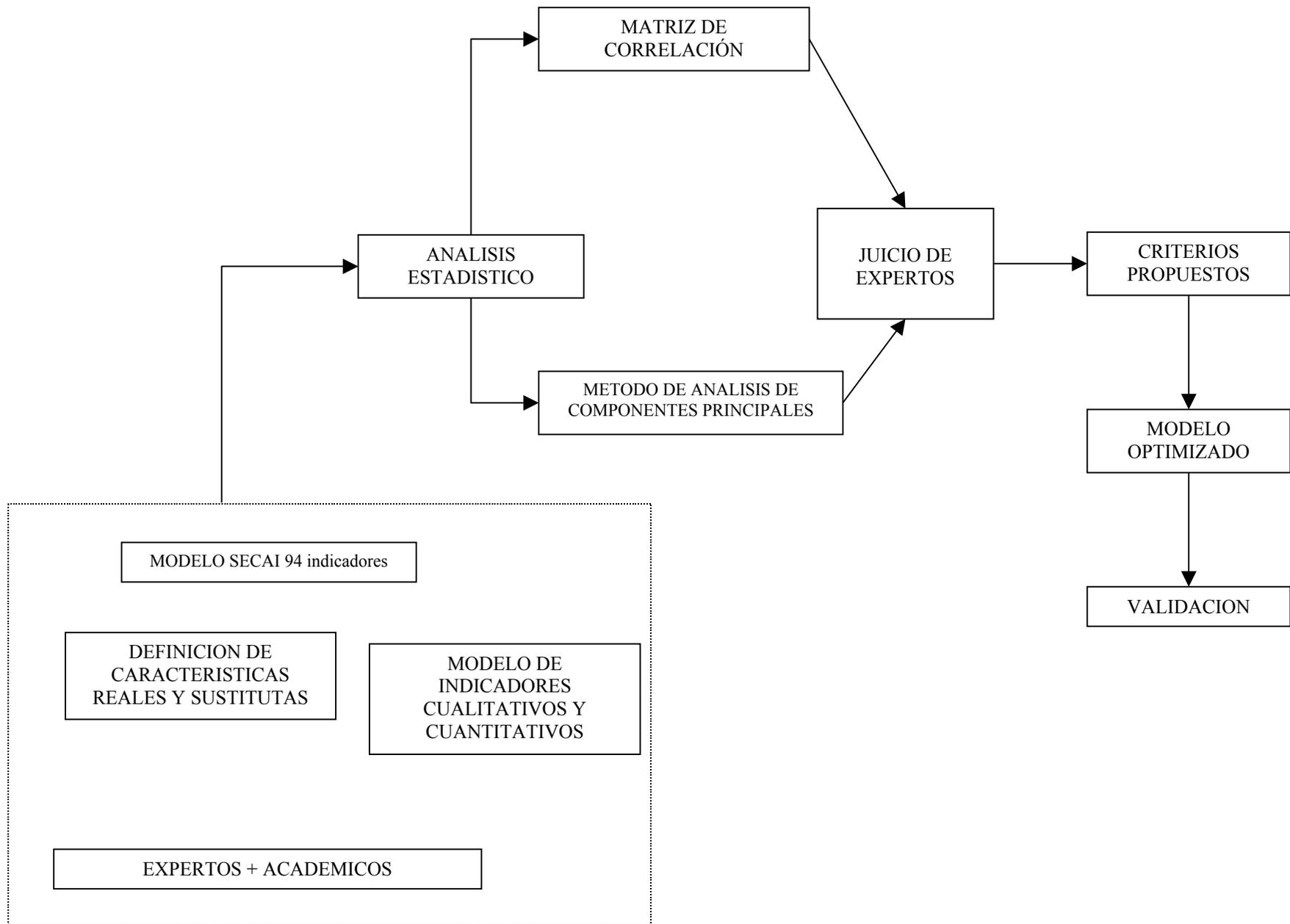


FIGURA II
Metodología seguida para la Optimización

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Si tanto una prueba paramétrica como una no – paramétrica son aplicables al mismo conjunto de datos, se debe evitar, la prueba no – paramétrica “rápida y fácil”, y efectuar la técnica paramétrica más eficiente.

Teniendo en cuenta esto, en nuestro caso, dada la forma de calificación adoptada, si bien el nivel de medición es ordinal, los datos pueden ser procesados intervalarmente y se puede suponer un comportamiento paramétrico.

Este concepto es el que nos permite construir las matrices de correlación. Una con la valoración de los indicadores resultado de la evaluación interna y otra con la valoración de los indicadores resultado de la evaluación externa.

MATRIZ DE CORRELACIÓN

Como primer paso hacia la optimización del modelo, se analiza la correlación existente entre los 94 indicadores.

Construimos la matriz de correlación con todos los indicadores (94 x 94), cuyo fundamento es el siguiente:

Supongamos los indicadores x, y, z. La correlación entre los indicadores x e y se expresa como : r (x,y). Este coeficiente de correlación tomará valores entre 1 y -1. Si r (x,y) se acerca a cero, esto implica que ambos indicadores no están correlacionados. En cambio, si tiende

a uno, la correlación es alta. Naturalmente r (x,x), r (y,y) y r (z,z) serán igual a 1.

	x	y	Z
x	1	$\rho (x,y)$	$\rho (x,z)$
y	$\rho (y,x)$	1	$\rho (y,z)$
z	$\rho (z,x)$	$\rho (z,y)$	1

Para determinar que indicadores están correlacionados se realiza un test de hipótesis. La hipótesis a probar es: “los indicadores no están correlacionados”

Esto es equivalente a decir que el coeficiente de correlación es igual a cero, vale decir, r = 0.

Se fija un nivel de significación “p” para la prueba de 5%.

El nivel de significación “p” es la probabilidad de rechazar la hipótesis propuesta siendo esta verdadera.

Si el nivel de significación “p” es menor o igual que 0,05, se rechaza la hipótesis. Lo cual implica que los indicadores están correlacionados. Por lo tanto, se adopta como primer criterio, trabajar con un nivel de confianza del 95% para seleccionar los indicadores que están correlacionados, lo cual, en primera instancia, nos permitiría eliminar todos aquellos indicadores que presentan una correlación con un nivel de confianza mayor o igual al 95%. A modo de ejemplo presentamos la primer página de la matriz de correlación resultado de evaluación interna:

MATRIZ I
Matriz de Correlación Evaluaciones Internas

Sample Correlations

	A11001	A11002	A11003	A12001	A12002	A12003
A11001	1.0000 (.9) 0.0000	0.7003 (.9) 0.0356	0.7802 (.9) 0.0131	0.4605 (.9) 0.2122	0.2649 (.9) 0.4909	0.4318 (.9) 0.2458
A11002	0.7003 (.9) 0.0356	1.0000 (.9) 0.0000	0.7559 (.9) 0.0185	0.6576 (.9) 0.0542	0.2671 (.9) 0.4872	0.6786 (.9) 0.0445
A11003	0.7802 (.9) 0.0131	0.7559 (.9) 0.0185	1.0000 (.9) 0.0000	0.3107 (.9) 0.4158	0.1331 (.9) 0.7329	0.7357 (.9) 0.0239
A12001	0.4605 (.9) 0.2122	0.6576 (.9) 0.0542	0.3107 (.9) 0.4158	1.0000 (.9) 0.0000	0.4391 (.9) 0.2370	0.5871 (.9) 0.0965
A12002	0.2649 (.9) 0.4909	0.2671 (.9) 0.4872	0.1331 (.9) 0.7329	0.4391 (.9) 0.2370	1.0000 (.9) 0.0000	0.0486 (.9) 0.9013
A12003	0.4318 (.9) 0.2458	0.6786 (.9) 0.0445	0.7357 (.9) 0.0239	0.5871 (.9) 0.0965	0.0486 (.9) 0.9013	1.0000 (.9) 0.0000
A12004	0.2979 (.9) 0.4362	0.1443 (.9) 0.7110	0.0955 (.9) 0.8070	0.6170 (.9) 0.0768	0.8552 (.9) 0.0033	0.1650 (.9) 0.6715
A12005	0.7859 (.9) 0.0120	0.6929 (.9) 0.0385	0.9166 (.9) 0.0005	0.4031 (.9) 0.2821	0.4452 (.9) 0.2298	0.6701 (.9) 0.0483
A12006	0.1860 (.9) 0.6318	0.3154 (.9) 0.4083	-0.0542 (.9) 0.8899	0.6317 (.9) 0.0680	0.8635 (.9) 0.0027	0.0819 (.9) 0.8340
A12007	0.8341 (.9) 0.0052	0.7071 (.9) 0.0331	0.8185 (.9) 0.0070	0.2325 (.9) 0.5472	0.1202 (.9) 0.7581	0.5808 (.9) 0.1010
A13001	0.8466 (.9) 0.0040	0.6108 (.9) 0.0806	0.8254 (.9) 0.0061	0.3113 (.9) 0.4148	0.1187 (.9) 0.7611	0.4800 (.9) 0.1910
A13002	0.4423 (.9) 0.2332	0.7500 (.9) 0.0199	0.8504 (.9) 0.0037	0.3699 (.9) 0.3272	0.1457 (.9) 0.7084	0.8571 (.9) 0.0031
A13003	0.6266 (.9) 0.0709	0.6250 (.9) 0.0719	0.7323 (.9) 0.0249	0.3288 (.9) 0.3876	0.2428 (.9) 0.5290	0.7143 (.9) 0.0306

Coefficient (sample size) significance level

MATRIZ II
Matriz de Correlación Evaluaciones Externas

Sample Correlations

	A11001	A11002	A11003	A12001	A12002	A12003
A11001	1.0000 (. 9) 0.0000	0.7750 (. 9) 0.0142	0.5518 (. 9) 0.1235	0.7836 (. 9) 0.0125	0.2229 (. 9) 0.5642	0.6877 (. 9) 0.0406
A11002	0.7750 (. 9) 0.0142	1.0000 (. 9) 0.0000	0.5287 (. 9) 0.1434	0.7836 (. 9) 0.0125	0.3001 (. 9) 0.4326	0.4779 (. 9) 0.1932
A11003	0.5518 (. 9) 0.1235	0.5287 (. 9) 0.1434	1.0000 (. 9) 0.0000	0.1163 (. 9) 0.7657	-0.1127 (. 9) 0.7729	0.2704 (. 9) 0.4816
A12001	0.7836 (. 9) 0.0125	0.7836 (. 9) 0.0125	0.1163 (. 9) 0.7657	1.0000 (. 9) 0.0000	0.3887 (. 9) 0.3012	0.6970 (. 9) 0.0369
A12002	0.2229 (. 9) 0.5642	0.3001 (. 9) 0.4326	-0.1127 (. 9) 0.7729	0.3887 (. 9) 0.3012	1.0000 (. 9) 0.0000	-0.2479 (. 9) 0.5202
A12003	0.6877 (. 9) 0.0406	0.4779 (. 9) 0.1932	0.2704 (. 9) 0.4816	0.6970 (. 9) 0.0369	-0.2479 (. 9) 0.5202	1.0000 (. 9) 0.0000
A12004	0.0978 (. 9) 0.8023	0.0578 (. 9) 0.8825	-0.4237 (. 9) 0.2558	0.3903 (. 9) 0.2990	0.7536 (. 9) 0.0190	-0.0456 (. 9) 0.9072
A12005	0.8499 (. 9) 0.0037	0.7609 (. 9) 0.0173	0.5762 (. 9) 0.1044	0.6767 (. 9) 0.0453	0.2779 (. 9) 0.4690	0.5990 (. 9) 0.0883
A12006	0.1423 (. 9) 0.7149	0.1023 (. 9) 0.7934	-0.4803 (. 9) 0.1907	0.4590 (. 9) 0.2140	0.7291 (. 9) 0.0258	0.1203 (. 9) 0.7579
A12007	0.7609 (. 9) 0.0173	0.6275 (. 9) 0.0704	0.5762 (. 9) 0.1044	0.3765 (. 9) 0.3179	-0.1186 (. 9) 0.7611	0.4746 (. 9) 0.1968
A13001	0.7465 (. 9) 0.0209	0.5339 (. 9) 0.1387	0.3628 (. 9) 0.3373	0.6516 (. 9) 0.0572	0.0162 (. 9) 0.9670	0.7622 (. 9) 0.0170
A13002	0.5164 (. 9) 0.1546	0.6132 (. 9) 0.0791	0.5433 (. 9) 0.1306	0.4047 (. 9) 0.2800	-0.3764 (. 9) 0.3181	0.7524 (. 9) 0.0193
A13003	0.8106 (. 9) 0.0080	0.8944 (. 9) 0.0011	0.4074 (. 9) 0.2764	0.8627 (. 9) 0.0028	0.3260 (. 9) 0.3920	0.6777 (. 9) 0.0449

Coefficient (sample size) significance level

A los efectos de dar una explicación rápida de lo que significa esta sucesión de números, tomemos por ejemplo, el indicador 12005 y el 11003 de la matriz de las evaluaciones internas. Debajo de éste, aparecen los siguientes valores:

0,9166 que es el factor o coeficiente de correlación
(9) que es el número de datos
0,0005 que es el nivel de significación

Por tanto, el propio programa, nos da el coeficiente de correlación, el nivel de significación y consecuentemente el nivel de confianza con que se trabaja, que para el caso elegido en el ejemplo será:

$(100 \times 1) - (0,0005 \times 100) = 99,95\%$
 $100 - 0,05 = 99,95\%$ que es el nivel de confianza.

Por otra parte, dado que la decisión ha sido trabajar con un nivel de confianza del 95%, esto implica (Loter Sachs: Estadística Aplicada, Tabla 5.13 pág. 358-Ed. Labor-1978) que para 9 datos corresponde un coeficiente o factor de correlación de 0,666. Por encima de este valor hay significación correlativa, por debajo no la hay. Por tanto, si se iguala o supera el valor tabulado (0,666), para 9 datos y test bilateral (que es nuestro caso), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

En función de todo esto, de la matriz de correlación se seleccionaron todos aquellos indicadores con un nivel de significación menor o igual a 0,05 (nivel de confianza igual o mayor que el 95%) y con un factor de correlación igual o mayor a 0,666.

La ejecución de dicha matriz a través del software Statgraph Plus ha originado más de 100 páginas, para cada una de ellas (evaluación interna y externa). Del análisis de los resultados finales de la prueba de hipótesis, tanto para los valores correspondientes a las evaluaciones internas como para los correspondientes a las evaluaciones externas, surge - como era de esperar- que existe un excesivo número de correlaciones, cosa que hace casi imposible, en esta etapa, la definición de algún criterio coherente y estable para la eliminación y/o agrupación de los indicadores correlacionados. Por tanto, y a los efectos de lograr las condiciones necesarias para la toma de decisiones referente a la eliminación y agrupación de indicadores, que nos permita lograr la optimización buscada, hacemos ahora, un análisis estadístico utilizando el método de Análisis de Componentes Principales.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

A diferencia de los resultados obtenidos por la matriz de correlación en forma general, aplicamos ahora el método de ACP, donde los resultados se restringirán en forma individual a cada uno de los factores del Modelo SECAI.

La base de datos es la misma, es decir, la planilla resumen de evaluación de cada carrera.

El ACP es uno de los métodos más utilizados en el análisis multivariable. Consiste en una técnica de reducción de la información disponible sobre un conjunto de elementos, en los cuales se han tomado diversas observaciones. Condensa la matriz de correlación entre las variables, en unos "componentes principales" de la variabilidad total. Vale decir, el ACP es una técnica estadística que permite transformar un conjunto de variables intercorrelacionadas en otro conjunto de variables no correlacionadas, denominadas factores. Estos factores son combinación lineal de las variables originales.

Esta técnica se basa en el análisis de las matrices de varianza y covarianza con el fin de describir sus variables o componentes principales, es decir, las que tienen un mayor poder explicativo de la variación total del sistema.

Se fundamenta, según **C. Taylor**, en suponer que la matriz de varianza - covarianza es el reflejo de una estructura subyacente. De donde la variabilidad del sistema, puede ser explicada en su mayor parte por un número menor de variables componentes principales.

Según el procedimiento desarrollado por **Hotelling**, el primer componente principal que se extrae es el que resume lo mejor posible la información contenida en la matriz de datos original, vale decir, el que contribuye mejor a explicar la varianza total.

El segundo componente principal es el que resume lo mejor posible la información restante, es decir, el que aporta un máximo de la varianza residual resultante, siendo independiente del primero.

La secuencia puede continuar, extrayéndose factores hasta explicar la varianza total.

Algebraicamente las componentes principales (CP) son una aplicación de los autovalores y autovectores, vale decir, la varianza máxima explicada por cada indicador y los factores ortogonales de cada variable o indicador.

Los componentes principales (CP) presentan las siguientes propiedades matemáticas:

- 1- *Son ortogonales, es decir, no correlacionadas o independientes entre si.*
- 2- *Representan una transformación de las variables originales en las que se alcanza su máxima varianza posible.*

En función de todo esto, el ACP se utiliza para:

- *Reducir un conjunto de variables (o indicadores) a la síntesis de unas pocas destacadas.*
- *Mostrar que variables (indicadores) pueden ser omitidas en un sistema sin alterar la información básica.*

El cálculo de las componentes principales (CP) se realizó utilizando el Software estadístico MINITAB.

Para seleccionar los CP, se analiza la varianza acumulada y se considera el número de CP que explican, en nuestro caso, el 95% de la variación del sistema.

De esta manera, se pueden extraer indicadores posibles de ser eliminados o reagrupados, con el nivel de confianza que se desee.

A los efectos de dar una rápida explicación de la información suministrada por el software, veamos la

primer página de la matriz de covarianza del Método de Análisis de Componentes Principales, factor por factor, de las Evaluaciones Internas.

Análisis de Componentes Principales

Evaluación Interna

Principal Component Analysis

Eigenanalysis of the Covariance Matrix

Eigenvalue	2.0941	0.3430	0.0906
Proportion	0.828	0.136	0.036
Cumulative	0.828	0.964	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3
11001	-0.731	0.676	0.092
11002	-0.624	-0.718	0.310
11003	-0.276	-0.169	-0.946

Principal Component Analysis

Eigenanalysis of the Covariance Matrix

Eigenvalue	7.5036	2.8109	1.0648	0.4450	0.2913	0.2043	0.0413
Proportion	0.607	0.227	0.086	0.036	0.024	0.017	0.003
Cumulative	0.607	0.834	0.921	0.957	0.980	0.997	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
12001	0.280	-0.300	0.490	0.415	0.494	0.394	-0.142
12002	0.572	0.122	-0.375	0.354	0.283	-0.463	0.311
12003	0.057	-0.544	0.477	0.028	-0.393	-0.475	0.303
12004	0.570	0.121	0.219	-0.736	0.073	0.169	0.192
12005	0.103	-0.293	-0.102	-0.274	0.231	-0.443	0.754
12006	0.505	0.042	-0.102	0.257	-0.680	0.245	0.380
12007	0.022	-0.705	-0.568	-0.133	0.018	0.347	0.204

Como se puede ver, en esta matriz aparecen tres valores:

- *Eigenvalue*: que son los autovalores
- *Proportion*: que es la varianza proporcional
- *Cumulative*: que es la varianza acumulada

El primer problema (cuántas variables se pueden eliminar) se resuelven mediante el Eigenanalysis de la matriz de covarianza. Por ejemplo: si analizamos los tres primeros indicadores, 11001, 11002 y 11003, vemos que el primer valor de varianza acumulada es 0,828; el segundo $0,964 = 0,828 + 0,136$, y el tercero es $1 = 0,828 + 0,136 + 0,036$. Por lo tanto entre el primer valor 0,828 y el segundo 0,136 tenemos el 96,4% de la varianza explicada.

Puesto que la decisión ha sido trabajar con un nivel de confianza del 95% (vale decir, tenemos que elegir la cantidad de componentes que expliquen el 95% de la

varianza total de los datos), utilizando sólo dos componentes principales, ya tenemos explicada la mayor varianza o el mayor porcentaje de la variación de los datos deseado. Y por lo tanto, se puede eliminar una variable.

El segundo problema (cuáles son las variables que explican el mayor porcentaje de la varianza), se resuelve analizando las componentes principales (PC1, PC2 y PC3) de los indicadores bajo análisis, en este caso el 11001, 11002 y 11003, y seleccionando de cada columna el indicador que presente el mayor coeficiente en valor absoluto, que a su vez indica la mayor correlación.

Por ejemplo: en la columna de la componente principal 1 (PC1) vemos que el mayor coeficiente lo tiene el indicador 11001 (0,731). Ese indicador queda seleccionado. Pasamos ahora a la columna de la componente principal 2 (PC2) y vemos que el mayor coeficiente lo tiene el indicador 11002 (-0,718), por lo tanto este indicador queda seleccionado. Dado que se había determinado que con sólo

dos indicadores tendríamos explicados el mayor porcentaje de los datos deseado, los indicadores 11001 y 11002 son los que quedan, pudiéndose eliminar o reagrupar el indicador 11003.

Si pasamos al grupo de indicadores del 12001 al 12007 y analizamos la varianza acumulada, vemos que con cuatro variables tendremos explicado el 95,7% de la varianza total, y por lo tanto, podremos eliminar o reagrupar tres indicadores.

Los que quedan son el 12001, 12002, 12004 y 12007, pudiéndose eliminar o reagrupar los indicadores 12003, 12005 y 12006.

Realizado este trabajo con cada uno de los factores del Modelo Original (94 indicadores) tanto para las evaluaciones internas como para las externas, resultó que en principio se podrían eliminar 36 indicadores en el caso de las evaluaciones internas y 34 indicadores en el caso de las evaluaciones externas.

Asimismo, entre las evaluaciones internas y externas, aparentemente, se podrían eliminar o reagrupar 51 indicadores, habiéndose reducido el Modelo de 94 indicadores, en tal caso, a sólo 43 indicadores, lo cual a primera vista no parece recomendable, puesto que una reducción tan significativa de indicadores redundaría en una pérdida de información demasiado importante.

A continuación se tratará de llegar a un Modelo Final Optimizado mediante la eliminación y agrupación de los indicadores originales (94), en función del trabajo estadístico realizado, de la experiencia, y del extraordinario marco de referencia y contrastación que representa el juicio de expertos de SECAI concretado en el modelo reducido de 69 indicadores.

De la comparación entre la Versión Reducida del Modelo SECAI (69 indicadores) y los resultados, consecuencia de la aplicación del Método de Análisis de Componentes Principales (ACP) al Modelo Original de SECAI (94 indicadores), surge claramente que existe una notable diferencia (como no podía ser de otra manera) entre la eliminación de indicadores propuesta por los expertos de SECAI y la propuesta por este Método Estadístico (ACP).

Por tanto, se hace necesario realizar el siguiente análisis de congruencia en base a conceptos técnicos y de experiencia, teniendo en cuenta las correlaciones establecidas por las matrices de correlación, por el Método de Análisis de Componentes Principales y por el juicio de expertos de SECAI.

ANÁLISIS EN BASE A CONCEPTOS TÉCNICOS Y EXPERIENCIA

Para realizar este análisis se tuvo en cuenta los siguientes elementos y criterios:

Elementos:

- *Eliminación de indicadores propuesta por el Método de ACP tanto en las evaluaciones internas como en las externas.*
- *Correlación entre indicadores definida por la matriz de correlación (94 x 94) con un nivel de confianza del 95% para las evaluaciones internas y externas.*
- *Juicio de expertos de SECAI.*
- *La experiencia profesional*

Criterios:

Indicadores que se eliminan:

Todos aquellos Indicadores que por indicación del método de Análisis de Componentes Principales (ACP), aparezcan como susceptibles de ser eliminados, tanto en las evaluaciones internas como en las externas, y que además, así lo proponga el Juicio de Expertos de SECAI, serán eliminados.

También se eliminarán aquellos indicadores que aunque el Juicio de Expertos de SECAI no haya contemplado la posibilidad de eliminarlos, aparezcan como posibles de ser eliminados, por la aplicación del método de ACP, en ambas evaluaciones (Internas y Externas) y que la experiencia indique que pueden eliminarse sin distorsionar el modelo.

Indicadores que se agrupan:

Se agruparán todos aquellos Indicadores que presenten las condiciones de correlación establecidas, es decir: que estén correlacionados con un nivel de confianza igual o mayor al 95% en ambas evaluaciones (Matriz de Correlación. Evaluaciones Interna y Externa) y que además, así lo aconseje el Juicio de Expertos de SECAI.

También se agruparán aquellos Indicadores que, aunque el Juicio de Expertos de SECAI no haya contemplado la posibilidad de agruparlos, presenten las condiciones de correlación establecidas, y su agrupación, de acuerdo a la experiencia, parezca lógica y no distorsione la estructura del modelo.

Indicadores que se mantienen:

Se mantendrán todos aquellos Indicadores, que por la aplicación del método de Análisis de Componentes Principales (ACP), aparezcan como no eliminables en ambas evaluaciones, y así lo aconseje el Juicio de Expertos de SECAI.

También se mantendrán aquellos Indicadores, que apareciendo como susceptibles de ser eliminados, por la aplicación del método de ACP a una de las evaluaciones (Interna o Externa), aparezcan como no eliminables en la otra, y el Juicio de Expertos de SECAI aconseje mantenerlos.

En función de estos elementos y criterios se procedió al análisis de congruencia antes mencionado, indicador por indicador, llegándose a la versión

optimizada, cuya estructura se presenta en el siguiente cuadro (Cuadro II) comparándola con la versión original del Modelo SECAI (94 indicadores).

Cuadro: II
Comparación Global de la Versión SECAI (94 indicadores) y la Versión Optimizada (64 indicadores)

Versión SECAI (94 Indicadores)		Versión Optimizada (64 Indicadores)	
Factores y Subfactores	Indicadores	Factores y Subfactores	Indicadores
I ₁ . Plan de Estudios	22	I ₁ . Plan de Estudios	16
I ₁₁ . Participación	3	I ₁₁ . Proceso de elaboración	6
I ₁₂ . Metodología	7	I ₁₂ . Contenido	7
I ₁₃ . Contenidos	7	I ₁₃ . Puesta en Marcha	3
I ₁₄ . Puesta en Marcha	5		
I ₂ . Ingreso de Estudiantes	6	I ₂ . Ingreso de Estudiantes	4
I ₃ . Proceso de Enseñanza Aprendizaje	53	I ₃ . Proceso de Enseñanza	35
I ₃₁ . Gestión Académica	10	I ₃₁ . Gestión Académica	8
I ₃₂ . Rec. Humanos	16	I ₃₂ . Recursos Humanos	11
I ₃₂₁ . Profesores	12	I ₃₂₁ . Profesores	8
I ₃₂₂ . P. Servicios	4	I ₃₂₂ . P. Servicios	3
I ₃₃ . Recursos Materiales	13	I ₃₃ . Instal. y Equipamiento	6
I ₃₃₁ . Instalaciones	7	I ₃₄ . Factores Didácticos	10
I ₃₃₂ . Equipamiento	6		
I ₃₄ . Factores Didácticos	14		
I ₄ . Resultados Inmediatos	5	I ₄ . Resultados Inmediatos	5
I ₅ . Integración	8	I ₅ . Integración	4
Total.	94	Total.	64

Vemos que la versión optimizada comporta un modelo compuesto por 5 factores, 9 subfactores y 64 indicadores.

**APLICACIÓN DEL MODELO OPTIMIZADO
(64 INDICADORES) A LAS CARRERAS YA
EVALUADAS CON EL MODELO ORIGINAL
(94 INDICADORES)**

Obtenido el Modelo Optimizado de Indicadores, aparentemente, lo que se debería hacer, es efectuar una nueva evaluación, tanto interna como externa, con este modelo optimizado. Pero en realidad esto no sería correcto, ya que una carrera o institución una vez evaluada, ya no es la misma, y por tanto, a los efectos de verificar si con el modelo optimizado se obtienen resultados equivalentes a los obtenidos con el modelo original, dicha nueva evaluación no sería de mucha utilidad.

Por tanto, la decisión tomada, fue la de evaluar cada una de las nueve carreras, con los nuevos indicadores, dándole a cada uno de ellos como calificación resultante, el promedio de las calificaciones de cada uno de los indicadores originales que se han agrupado en cada uno de los nuevos indicadores. De la misma manera, los índices de calidad finales de cada factor, se calificarán con el promedio de los valores correspondientes a los indicadores que califican a dicho factor.

A los efectos de poder realizar las comparaciones pertinentes, este trabajo se realizó con el modelo optimizado (64 indicadores) y con el modelo reducido de SECAI (69 indicadores).

A tal efecto se confeccionaron seis planillas resumen para cada una de las carreras evaluadas: Dos planillas correspondientes a la Evaluación Interna y a la Externa, efectuadas con el modelo original (94 indicadores) por los expertos designados por SECAI. Dos planillas correspondientes a la Evaluación Interna y Externa efectuadas con el modelo reducido de SECAI (69 indicadores) con la calificación de cada uno de los nuevos indicadores e índices obtenida como se indica más arriba. Dos planillas correspondientes a las Evaluaciones Internas y Externas efectuadas con el modelo optimizado (64 indicadores), con la calificación de cada uno de los nuevos indicadores e índices obtenida como se indica más arriba.

A modo de ejemplo y por razones de espacio, se presenta sólo la “Planilla Comparación de los Índices obtenidos con el modelo SECAI Original (94 indicadores) y los obtenidos con los Modelos SECAI Reducido (69 indicadores) y el Modelo Optimizado producto de este trabajo (64 indicadores), y los diagramas de barras representativos de las Evaluaciones Internas y Externas obtenidos con los tres modelos, exclusivamente para dos de las carreras evaluadas, de diferentes universidades.

Cuadro III:
 Comparación de los índices obtenidos con el modelo SECAI (94 indicadores)
 y los obtenidos con los modelos SECAI reducido (69 indicadores) y Optimizado (64 indicadores)

P.J.B.C.												
Carrera: Ingeniería Electrónica												
INDICE	(1) EVAL. INT. SECAI (94 ind.)	(2) EVAL.INT. SECAI (69 Ind.)	(3) EVAL. INT. MOD. OPTIM. (64 Ind.)	DIFERENCIA (1) - (2)	DIFERENCIA (1) - (3)	DIFERENCIA (2) - (3)	(4) EVAL. EXT. SECAI (94 ind.)	(5) EVAL. EXT. SECAI (69 ind.)	(6) EVAL. EXT. MOD. OPTIM (64 ind.)	DIFERENCIA (4) - (5)	DIFERENCIA (4) - (6)	DIFERENCIA (5) - (6)
I ₁₁	4	4,5	4,25	0,5=12,5%	0,25=6,25%	0,25=5,5%	3,67	4,33	3,75	0,66=18%	0,08=2.1%	0,58=13,4%
I ₁₂	4	4,28	4,28	0,28=7%	0,28=7%	0=0%	4,43	4,28	4,2	0,15=3.4%	0,23=5.2%	0,08=1.9%
I ₁₃	4	4,16	4,16	0,16=4%	0,16=4%	0=0%	3,85	4,16	4,16	0,31=8%	0,31=8%	0=0%
I ₁₄	4						4,2			---	---	---
I ₁	4	4,3	4,23	0,3=7,5%	0,23=5,75%	0,07=1,6%	4,04	4,25	4	0,26=6.4%	0,04=0.99%	0,3=7%
I ₂	4	4	4	0=0%	0=0%	0=0%	4,17	4	4	0,17=4%	0,17=4%	0=0%
I ₃₁	4	3,6	3,6	0,4=10%	0,4=10%	0=0%	3,8	3,7	3,7	0,1=2.6%	0,1=2.6%	0=0%
I ₃₂₁	3	3,28	3,19	0,28=9,3%	0,19=6%	0,09=2,7%	2,67	2,77	2,62	0,1=3,7%	0,05=1.87%	0,15=5,4%
I ₃₂₂	4	4,5	4,5	0,5=12.5%	0,5=12.5%	0=0%	4,75	4,8	4,8	0,05=1%	0,05=1%	0=0%
I ₃₂	4	3,89	3,85	0,11=2,75%	0,15=3,75%	0,04=1%	3,71	3,8	3,72	0,09=2,4%	0,01=0.27%	0,08=2,1%
I ₃₃₁	4						4,29			---	---	---
I ₃₃₂	4						4,67			---	---	---
I ₃₃	4	3,75	3,75	0,25=6,25%	0,25=6,25%	0=0%	4,48	4,5	4,5	0,02=0,44%	0,02=0.44%	0=0%
I ₃₄	4	3,65	3,75	0,35=8.75%	0,25=6,25%	0,1=2,6%	4	3,65	4,25	0,35=8.7%	0,25=6.25%	0,6=14%
I ₃	4	3,72	3,73	0,28=7%	0,27=6,75%	0,01=0,26%	4	3,9	4	0,1=2,5%	0=0%	0,1=2,5%
I ₄	4	3,6	3,6	0,4=10%	0,4=10%	0=0%	3,6	3,6	3,6	0=0%	0=0%	0=0%
I ₅	4	3,88	3,88	0,12=3%	0,12=3%	0=0%	4	4	4	0=0%	0=0%	0=0%

GRAFICO 1: P.J.B.C. - CARRERA INGENIERIA ELECTRONICA
EVALUACION INTERNA

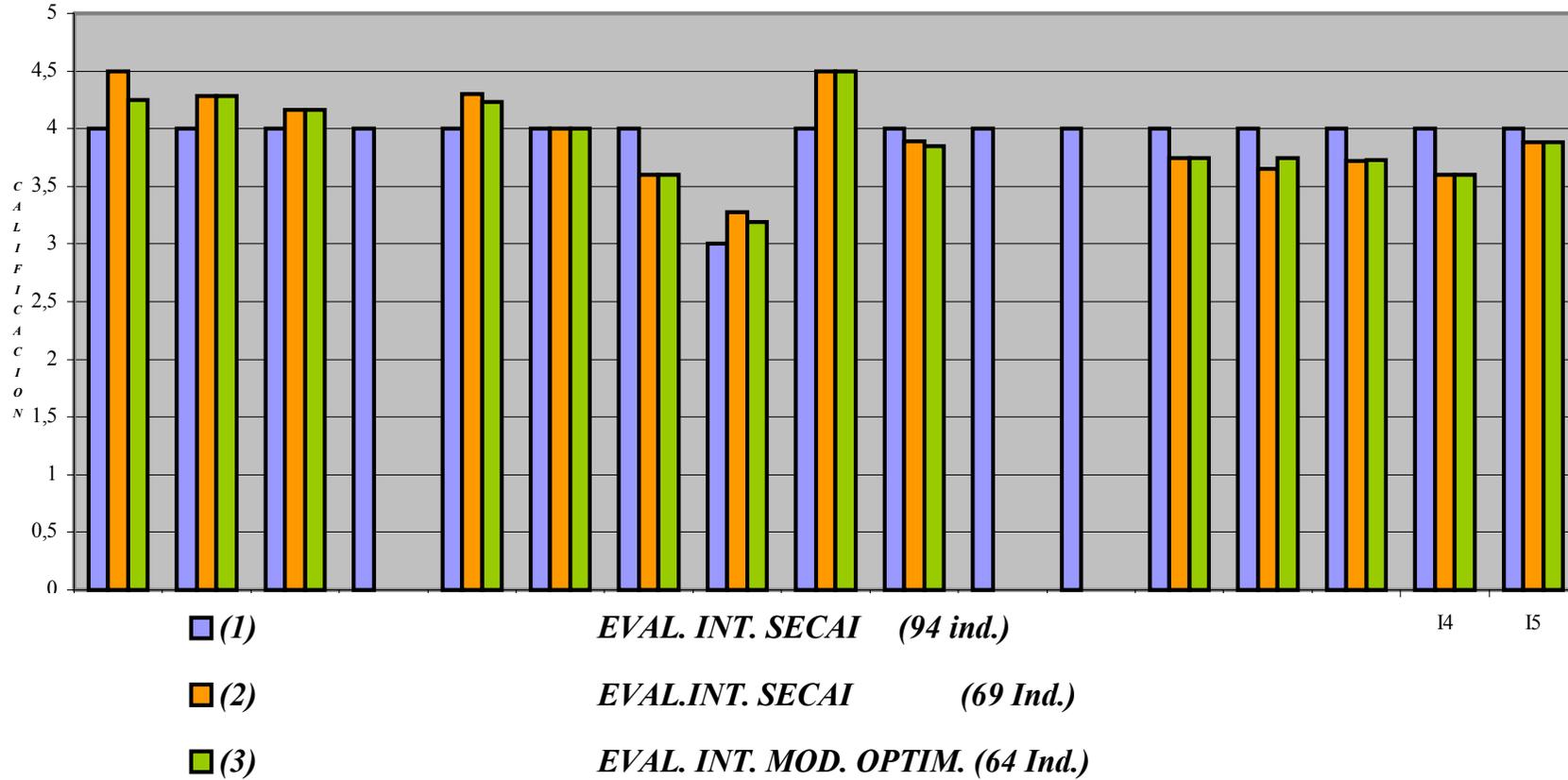
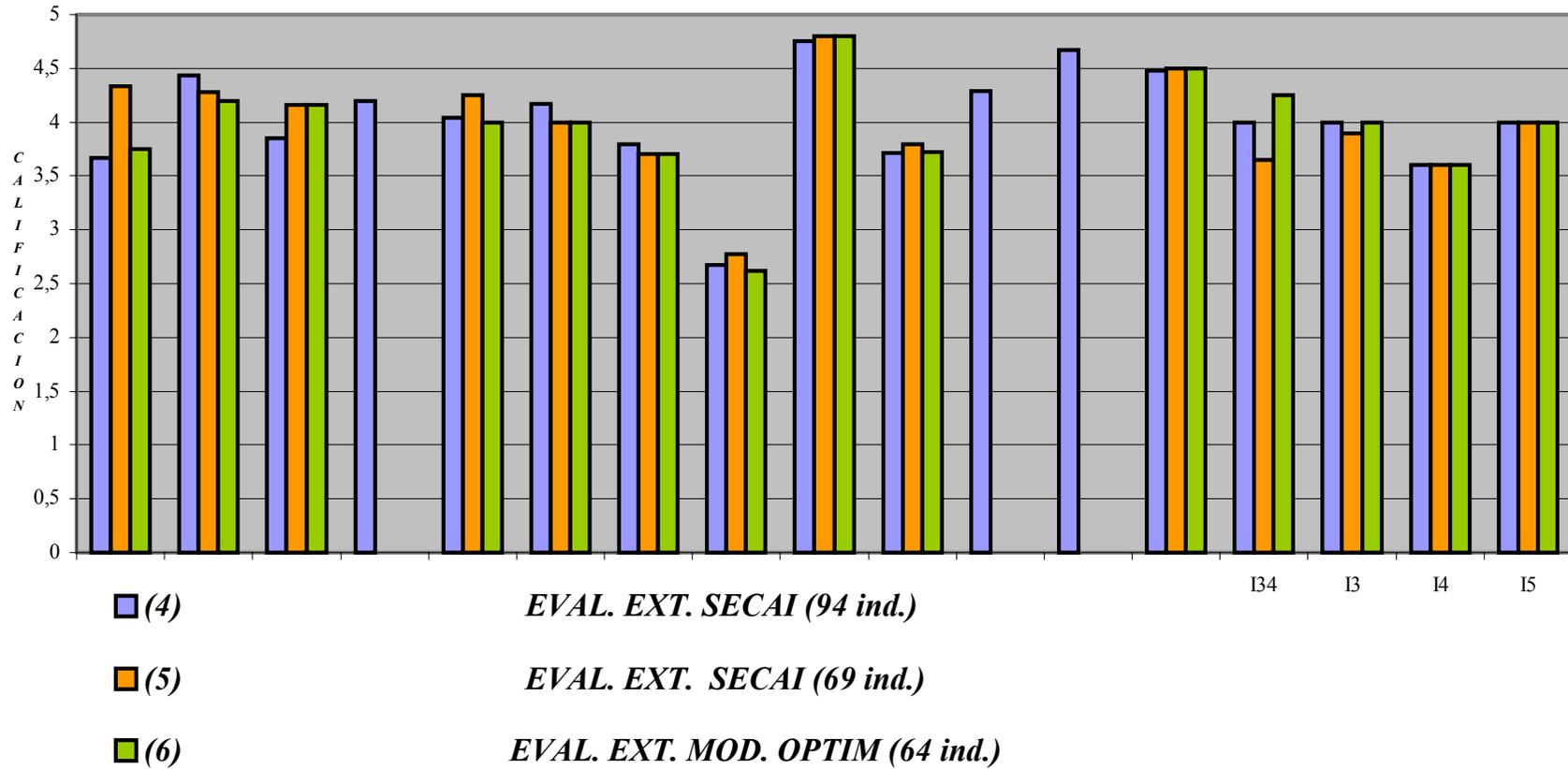


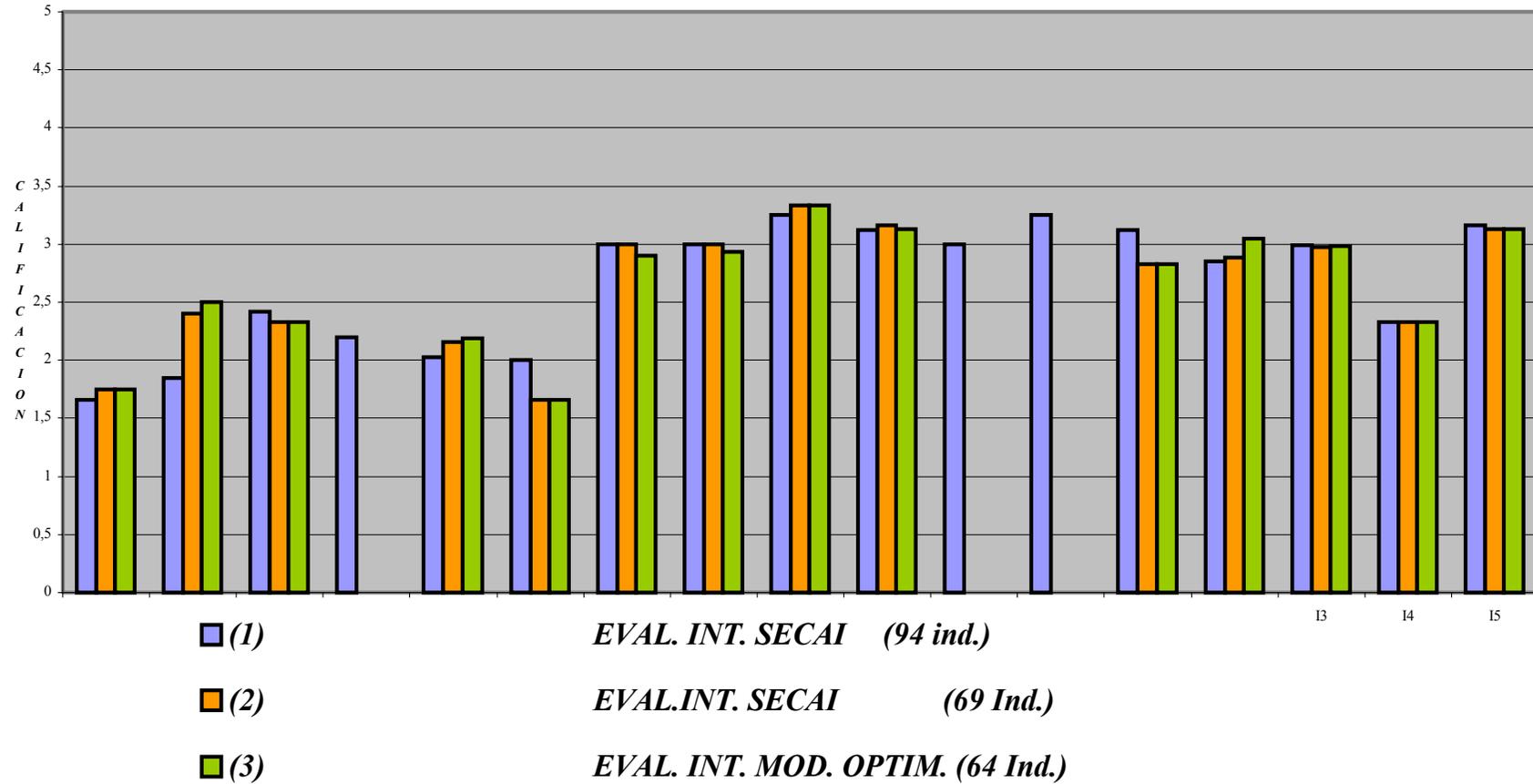
GRAFICO II: P.J.B.C. - CARRERA INGENIERIA ELECTRONICA
EVALUACION EXTERNA



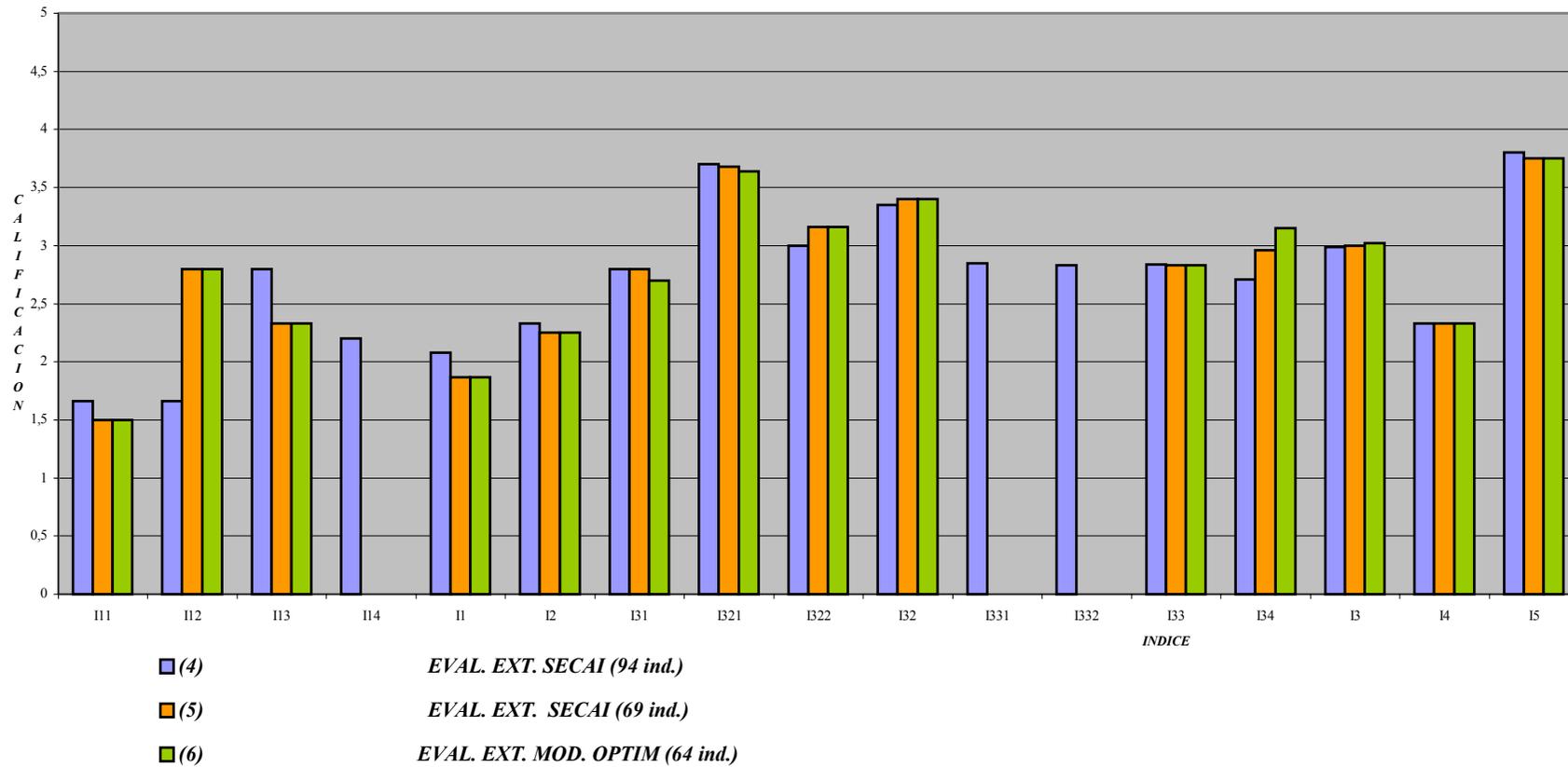
Cuadro IV:
 Comparación de los índices obtenidos con el modelo SECAI (94 indicadores)
 y los obtenidos con los modelos SECAI reducido (69 indicadores) y Optimizado (64 indicadores)

P.M.E.												
Carrera: Ingeniería Técnica Aeronáutica												
INDICE	(1) EVAL. INT. SECAI (94 ind.)	(2) EVAL.INT. SECAI (69 Ind.)	(3) EVAL. INT. MOD. OPTIM. (64 Ind.)	DIFERENCIA (1) - (2)	DIFERENCIA (1) - (3)	DIFERENCIA (2) - (3)	(4) EVAL. EXT. SECAI (94 ind.)	(5) EVAL. EXT. SECAI (69 ind.)	(6) EVAL. EXT. MOD. OPTIM (64 ind.)	DIFERENCIA (4) - (5)	DIFERENCIA (4) - (6)	DIFERENCIA (5) - (6)
I ₁₁	1,66	1,75	1,75	0.09=5%	0.09=5%	0=0%	1,66	1,5	1,5	0.16=9.6%	0.16=9.6%	0=0%
I ₁₂	1,85	2,4	2,5	0.55=29.7%	0.65=35%	0.1=4%	1,66	2,8	2,8	1.14=68%	1.14=68%	0=0%
I ₁₃	2,42	2,33	2,33	0.09=3.7%	0.09=3.7%	0=0%	2,8	2,33	2,33	0.47=16.8%	0.47=16.8%	0=0%
I ₁₄	2,2			---	---	---	2,2			---	---	---
I ₁	2,03	2,16	2,19	0.13=6%	0.16=7%	0.03=1.37%	2,08	1,87	1,87	0.21=10%	0.21=10%	0=0%
I ₂	2	1,66	1,66	0.34=17%	0.34=17%	0=0%	2,33	2,25	2,25	0.08=3.4%	0.08=3.4%	0=0%
I ₃₁	3	3	2,9	0=0%	0.1=3.3%	0.1=3.3%	2,8	2,8	2,7	0=0%	0.1=3.6%	0.1=3.6%
I ₃₂₁	3	3	2,93	0=0%	0.07=2.33%	0.07=2.33%	3,7	3,68	3,64	0.02=0.54%	0.06=1.6%	0.04=1.1%
I ₃₂₂	3,25	3,33	3,33	0.08=2.4%	0.08=2.4%	0=0%	3	3,16	3,16	0.16=5%	0.16=5%	0=0%
I ₃₂	3,12	3,16	3,13	0.04=1.28%	0.01=0.32%	0.03=0.95%	3,35	3,4	3,4	0.05=1.47%	0.05=1.47%	0=0%
I ₃₃₁	3			---	---	---	2,85			---	---	---
I ₃₃₂	3,25			---	---	---	2,83			---	---	---
I ₃₃	3,12	2,83	2,83	0.29=9.3%	0.29=9.3%	0=0%	2,84	2,83	2,83	0.01=0.35%	0.01=0.35%	0=0%
I ₃₄	2,85	2,88	3,05	0.03=1.04%	0.2=6.5%	0.17=5.6%	2,71	2,96	3,15	0.25=9.2%	0.44=16%	0.19=6%
I ₃	2,99	2,97	2,98	0.02=0.66%	0.1=0.33%	0.01=0.33%	2,99	3	3,02	0.01=0.33%	0.03=0.99%	0.02=0.66%
I ₄	2,33	2,33	2,33	0=0%	0=0%	0=0%	2,33	2,33	2,33	0=0%	0=0%	0=0%
I ₅	3,16	3,13	3,13	0.03=0.94%	0.03=0.94%	0=0%	3,8	3,75	3,75	0.05=1.3%	0.05=1.3%	0=0%

GRAFICO III: P.M.E. - CARRERA INGENIERIA TECNICA AERONAUTICA
EVALUACION INTERNA



**GRAFICO IV P.M.E. - CARRERA INGENIERIA TECNICA AERONAUTICA
EVALUACION EXTERNA**



COMPARACIÓN ENTRE LOS INDICES DE CALIDAD OBTENIDOS CON LA UTILIZACION DE LOS INDICADORES DEL MODELO ORIGINAL, LOS OBTENIDOS CON EL MODELO REDUCIDO Y LOS OBTENIDOS CON EL MODELO OPTIMIZADO

De la comparación de cada una de las planillas de evaluación generadas por el Comité de Evaluación Interna y el Comité de Evaluación Externa, con cada una de las planillas de evaluación generadas con los nuevos indicadores, se ve claramente que los valores correspondientes a cada uno de los índices tanto en la Evaluación Interna como en la Evaluación Externa, realizadas con el Modelo SECAI (94 indicadores), coinciden casi en forma exacta con los valores de los índices obtenidos tanto con el Modelo Reducido de SECAI (69 indicadores) como con el Modelo Optimizado (64 indicadores), producto de esta trabajo.

Por tanto, la decisión de asignar a cada uno de los nuevos indicadores el promedio del valor de los indicadores obtenidos con el Modelo Original de SECAI que los componen, parece ser aceptable.

En general las diferencias entre los índices de los dos Modelos SECAI y los del Modelo Optimizado no son sustantivas, salvo en algunos casos, y siempre localizadas en los índices I_{11} , I_{12} e I_{13} , puesto que al haberse modificado la estructura del Modelo Original, el Índice I_{11} tanto en el Modelo Reducido de SECAI como en el Modelo Optimizado producto de esta trabajo, califica al subfactor “Proceso de Elaboración”, que es la conjunción de los subfactores: “Participación” (Índice I_{11}) y “Metodología” (Índice I_{12}) del Modelo Original de SECAI.

Asimismo, en el Modelo Original de SECAI, los Índices I_{12} e I_{13} , califican a los subfactores “Metodología” y “Contenido” respectivamente, mientras que, tanto en el Modelo Reducido de SECAI como en el Modelo Optimizado, producto de este trabajo, califican a los subfactores “contenido” y “puesta en marcha” respectivamente.

El resto de las diferencias se deben, en general, a que tanto en el Modelo Reducido de SECAI como en el Modelo Optimizado, el índice de cada factor es el promedio de las calificaciones otorgadas a cada indicador perteneciente a dicho factor, mientras que en el Modelo Original de SECAI, el índice de cada factor no siempre coincide con el promedio de los valores asignados a los indicadores de ese factor, y cuanto más se aparta de éste, mayor es la diferencia.

CONCLUSIÓN

- No existen “indicadores de calidad” absolutos ni indiscutibles, y mucho menos un modelo de aplicación universal que pueda ser irrefutable.

- Tal como ocurre en todos los procesos para definir u obtener la calidad requerida de un producto final, conseguir ésta, es algo sumamente difícil, por cuanto las características de calidad reales – que son las que definen la calidad del producto, proceso o sistema – son altamente subjetivas y por tanto muy difíciles de medir.
- Se ha logrado desarrollar una metodología para el análisis y optimización de modelos para evaluar la calidad de las enseñanzas.
- Dicha metodología ha sido desarrollada teniendo como referencia los procedimientos – con las adaptaciones correspondientes al caso y ámbito de estudio – utilizados para determinar la calidad de productos, procesos y sistemas industriales, que en general, consiste en realizar un análisis estadístico de calidad utilizando métodos estadísticos que correlacionan y comparan las variables en juego.
- Se han utilizado dos métodos estadísticos (Matriz de Correlación y el Método de Análisis de Componentes Principales) y un Método basado en el Juicio de Expertos:
- Ha quedado puesto de manifiesto que, en este problema, la utilización de métodos estadísticos conjuntamente con el Método de Juicio de Expertos, se manifiesta como una estrategia muy adecuada para el análisis y optimización de modelos que evalúan la calidad de la enseñanza.
- En función de los resultados obtenidos y su comparación con los dos Modelos SECAI, el Modelo Optimizado desarrollado en este trabajo, facilita la aplicación de SECAI mejorando su: eficiencia sin disminuir su eficacia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ¿Que es el Control Total de Calidad? — Kaouru Ishikawa – Ed. Norma – 1993
- [2] Análisis y Planificación de la Calidad – J.M. Juran, F.M. Gryna – Ed. Mc. Graw Hill – 1994.
- [3] Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación y a la Producción – Owen L. Davies – Ed. Aguilar – 1966
- [4] Statistical Methods for Quality Improvement. – Hitoshi Kume. Ed. AOTS - 1990
- [5] Probability and Statistics for Engineers and Scientists – R.E. Walpole, R.H. Myers – Ed. Mc. Graw Hill – 1990
- [6] La Calidad de la Enseñanza Superior y Otros Temas Universitarios – F. Aparicio Izquierdo, R.M. Gonzalez Tirados – UPM – ICE – 1994 – Madrid – España
- [7] Applied Multivariable Statistical Analysis – R. Jhonson, D. Wichen – Ed. Prentice – Hall – 1988
- [8] Manual Practico de Estadística Avanzada – K.Hope – Ed. Trillas – México – 1982
- [9] Análisis Estadístico Multivariable: Teoría y Ejercicios – R. Sierra Bravo – Ed. Paraninfo – Madrid – 1994
- [10] Principal Components Analysis – L. Harman – Ed. Mc. Graw Hill – 1980
- [11] Introducción Conceptual al Análisis Multivariable – R. Bisquerra Alzina – Ed. PPU S.A. – Barcelona – 1989
- [12] Sistema de Evaluación de la Calidad de las Enseñanzas de Ingeniería: Objetivos, Características y Manuales de Aplicación – SECAI – CRE – COLUMBUS – 1995
- [13] SECAI – III Reunión del Grupo de Expertos en Calidad de las Enseñanzas de Ingeniería (CECEI) – Cartagena de Indias – Colombia – 1995
- [14] Métodos Estadísticos con Statgraphics para Windows – Técnicas Básicas – Cesar Pérez – Editado por RA-MA – Madrid, España – 1998
- [15] Estadística Aplicada – Lothar Sachs – Editorial Labor – 1978
- [16] Evaluación Institucional y Calidad de la Enseñanza – F. ALBA JUEZ- Actas – Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería – 1992 – Buenos Aires – Argentina.
- [17] Análisis y Optimización de Modelos que evalúan la calidad de procesos con Variables Estocásticas –F.ALBA JUEZ – ETSII – UPM – 1999 – Madrid – España.