

Evaluación de empresas de construcción Civil a través de su Balanced Scorecard

Autores:

Juan Pablo Requez, juanrequez@gmail.com
Andy Toro, andytorom@gmail.com
Vanessa Rendón

Este trabajo es un extracto de un trabajo final de grado de la maestría de administración y negocios de IESA.

Para más información, contactar a los autores. No se considere este documento como uno formal.

Selección de las perspectivas e indicadores relevantes para la descripción de los sistemas difusos

Las cuatro perspectivas consideradas para este trabajo se presentan en la Tabla 1, junto a sus indicadores considerados, de acuerdo con el objetivo estratégico.

	Perspectiva	Indicadores considerados
1	Cliente	1) Cantidad de obras entregadas a tiempo, 2) recomendación de clientes reconocidos, 3) porcentaje de clientes reconocidos en la cartera de clientes, 4) cantidad de obras realizadas.
2	Procesos Internos	1) Políticas de garantía, 2) certificaciones de calidad, 3) cantidad de requisitos disponibles, 4) entregables implementados.
3	Aprendizaje y Desarrollo	1) Porcentaje de personal certificado del total de trabajadores de la empresa, 2) cantidad de horas de capacitación por colaborador, 3) cantidad de programas en los que participa, 4) implementación del organigrama
4	Financiera	1) Rentabilidad Neta, 2) Liquidez, 3) Razón de endeudamiento, 4) Monto de las fianzas de acuerdo al proyecto.

Tabla 1: Perspectivas e indicadores para el sistema difuso

Luego se asocian 8 variables como entrada del sistema de inferencia difuso: las cuatro perspectivas (Cliente, Procesos internos, Financiera, Aprendizaje y desarrollo) y la relevancia o ponderación relativa de cada una de ellas. Cada una de las perspectivas está descrita por cuatro indicadores. Es necesario describir cada perspectiva exactamente por cuatro indicadores para disminuir la complejidad del sistema difuso, ya que cada indicador adicional incrementa considerablemente el diseño y manipulación de los resultados. En la fase III se presenta un análisis de la ponderación relativa de cada perspectiva y en la fase IV del logro estimado de cada perspectiva. En la fase V se muestra el sistema difuso de evaluación balanceada de una empresa de servicios en ingeniería civil.

Sistema difuso de la relevancia de las perspectivas basado en la opinión de expertos en proyectos de ingeniería civil.

Debido a que la contratación o selección de una empresa para la ejecución de un proyecto no requiere el mismo análisis que la autogestión de una compañía, el uso de BSCD requiere la ponderación de la influencia de las perspectivas consideradas.

Encuesta a los expertos

La ponderación relativa de cada una de las perspectivas se obtiene a través de la calificación cualitativa de cada uno de los indicadores a través del criterio de experto, el cual se hará a través de expresiones subjetivas en una calificación de 5 valores: Nada Influyente, Poco influyente, Influyente, Muy Influyente, Vital.

Para obtener estas calificaciones difusas de cada perspectiva, se utilizarán la encuesta mostrada en las Tabla 2 para la perspectiva cliente, la de la Tabla 3 para la perspectiva de procesos internos, la Tabla 4 para la perspectiva de aprendizaje y desarrollo y por último la Tabla 5 para la perspectiva financiera.

Pregunta	Calificación				
	NI	PI	I	MI	V
En su opinión, ¿Qué relevancia cree usted que posee la satisfacción del cliente sobre una empresa que evalúa para ejecutar un proyecto que usted desea implementar?					
En su opinión, ¿Qué relevancia cree usted que posee la lealtad del cliente sobre una empresa que evalúa para ejecutar un proyecto que usted desea implementar?					
En su opinión, ¿Qué relevancia cree usted que posee la participación de mercado sobre una empresa que evalúa para ejecutar un proyecto que usted desea implementar?					
En su opinión, ¿Qué relevancia cree usted que posee la Afliliación sobre una empresa que evalúa para ejecutar un proyecto que usted desea implementar?					
Valores posibles: Nada influyente (NI), Poco influyente (PI), influyente (I), muy influyente (MI), Vital (V)					

Tabla 2: Encuesta al experto importancia de perspectiva “cliente”

Pregunta	Calificación				
	NI	PI	I	MI	V
¿Es relevante para usted la cantidad de políticas de garantía que ofrezca una empresa al momento de seleccionarla como proveedor de servicios?					
La cantidad certificaciones de calidad que tenga una empresa de servicios ¿representa para usted un factor relevante al momento de seleccionarla como proveedor?					
Al momento de elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera influyente la cantidad de deberes formales con los que cumpla?					
Al momento de elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera relevante la cantidad de obras que haya entregado a tiempo?					
Valores posibles: Nada influyente (NI), Poco influyente (PI), influyente (I), muy influyente (MI), Vital (V)					

Tabla 3: Encuesta al experto importancia de perspectiva “procesos internos”

Pregunta	Calificación				
	NI	PI	I	MI	V
Al momento de elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera influyente el porcentaje de personal certificado del total de trabajadores que tenga la empresa?					
¿Son relevantes para usted cantidad de horas de capacitación que le brinde la empresa a sus colaboradores al momento de seleccionarla como proveedor de servicios?					
La cantidad de programas de sostenibilidad ambiental y social en los que participe una empresa ¿representa para usted un factor relevante al momento de seleccionarla como proveedor?					
Al momento de elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera relevante la cantidad de obras que tenga un organigrama definido?					
Valores posibles: Nada influyente (NI), Poco influyente (PI), influyente (I), muy influyente (MI), Vital (V)					

Tabla 4: Encuesta al experto importancia de perspectiva “Aprendizaje y desarrollo”

Pregunta	Calificación				
	NI	PI	I	MI	V
Al elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera relevante la rentabilidad que posea al momento de la contratación?					
¿Usted considera que las recomendaciones que clientes reconocidos le hagan a una empresa, representan un factor relevante al momento de elegirla como proveedor de servicios?					
Al momento de elegir a una empresa como proveedor de servicios ¿usted considera influyente el nivel de endeudamiento que tenga?					
¿El monto de la fianza con respecto al total del monto de la contratación es un factor influyente al considerar a una empresa como su proveedor de servicios?					
Valores posibles: Nada influyente (NI), Poco influyente (PI), influyente (I), muy influyente (MI), Vital (V)					

Tabla 5: Encuesta al experto importancia de perspectiva “Financiera”

Sistema difuso de ponderación de las perspectivas

La ponderación relativa de cada perspectiva se obtiene a través de un sistema de inferencia difuso de Sugeno para cada perspectiva, con cuatro entradas (una para cada indicador) y una salida.

Entradas	Salida
Indicador 1	Influencia de la perspectiva
Indicador 2	
Indicador 3	
Indicador 4	

Tabla 6: Variables de entrada y salida del sistema difuso de ponderación de las perspectivas

Es necesario una variable lingüística por cada indicador de cada perspectiva y una variable lingüística como influencia resultante de la perspectiva. Son entonces cuatro sistemas difusos, uno por cada perspectiva considerada.

Variable Lingüística “Indicador de la perspectiva”:

La descripción de esta variable y sus valores lingüísticos se pueden observar en la Tabla 7 y la Tabla 8. En la Figura 1 se presenta una gráfica de sus valores lingüísticos como funciones de pertenencia.

Nombre	Indicador
Valores Lingüísticos	Nada influyente, Poco influyente, influyente, muy influyente, Vital
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 7: Descripción de la variable lingüística “Indicador de perspectiva”

Valor Lingüístico	Tipo de función	Parámetros
Nada influyente	Trapezoidal	a=0; b=0; c=10; d=30
Poco influyente	Triangular	a=10; m=30; b=50
influyente	Triangular	a=30; m=50; b=70
Muy influyente	Triangular	a=50; m=70; b=90
Vital	Trapezoidal	a=70; b=90; c=100; d=100

Tabla 8: Valores lingüísticos de “Indicador de perspectiva”

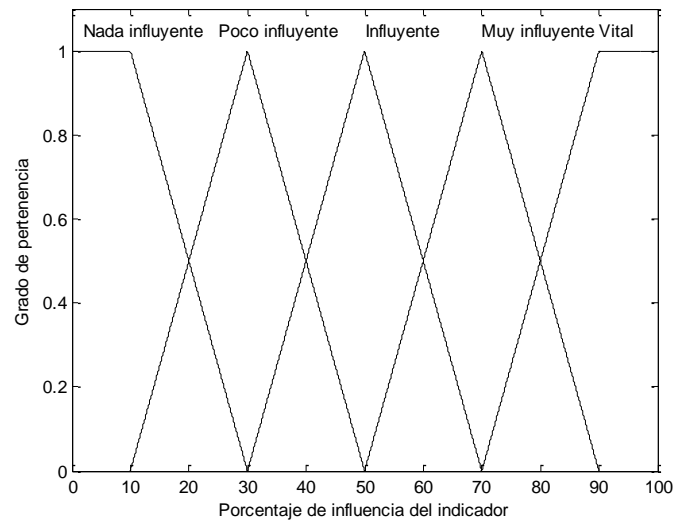


Figura 1: Variable lingüística de la influencia del indicador

Variable lingüística “Influencia de la perspectiva”

En la Tabla 9 y en la Tabla 10 se presenta la descripción y los valores lingüísticos de la variable “Influencia de la perspectiva”, respectivamente. Esta variable es de tipo sugeno, es decir, que está representada por números reales y no números difusos.

Nombre	influencia de la perspectiva
Valores Lingüísticos	irrelevante, poco relevante, relevante, importante, vital
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 9: Descripción de la variable lingüística “influencia de la perspectiva”

Valor Lingüístico	Valor numérico
Irrelevante	0
Poco relevante	25
Relevante	50
Importante	75
Vital	100

Tabla 10: Valores lingüísticos de “Influencia de la perspectiva”

Base de reglas:

El conjunto de reglas está formado por 5 reglas por cada indicador. Las reglas, para un indicador cualquiera se presentan en la Tabla 11.

Si indicador es	Entonces Influencia es
Nada influyente	Irrelevante
Poco influyente	Poco relevante
influyente	Relevante
Muy influyente	Importante
Vital	Vital

Tabla 11: Base de reglas para el sistema difuso de la influencia de la perspectiva

El sistema de reglas entonces tendrá cuatro veces estas cinco reglas, lo que significa que tendrá veinte reglas difusas. Estas reglas permiten hacer, de manera difusa, un promedio entre las variables cualitativas de entrada. En la Tabla 12 se presenta un resumen de los elementos involucrados en este sistema difuso descrito. La implementación matemática de este sistema se hace en el software comercial MATLAB como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Número de entradas	4
Número de salidas	1
Número de valores difusos para las entradas	5
Numero de valores difusos para la salida	5
Número de reglas	20

Tabla 12: Resumen del sistema difuso de importancia de las perspectivas

El sistema difuso que determina el valor de cada perspectiva se presenta en la fase IV.

Sistema difuso de evaluación de las perspectivas de una empresa de obras civiles.

Para la evaluación del BSCD de una empresa, deben medirse de manera difusa los logros de cada indicador seleccionado y la utilización de un sistema difuso para el logro global de cada perspectiva.

Encuesta a las empresas

Para realizar la medición de los logros de cada indicador, se utiliza una encuesta para cada perspectiva considerada. En la Tabla 13 se presenta la encuesta para la medición de la perspectiva cliente, en la Tabla 14 para la perspectiva de procesos internos, la Tabla 15 presenta la encuesta para la perspectiva aprendizaje y desarrollo y por último la Tabla 16 para la perspectiva financiera.

Pregunta	Calificación				
	MD	D	R	M	S
¿Cómo calificaría usted la cantidad de obras que ha entregado la empresa X como proveedor de servicios?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de recomendaciones de clientes reconocidos que la empresa X ha obtenido como proveedor de servicios?					
¿Cómo calificaría usted el porcentaje de clientes reconocidos que posee la empresa X en su cartera de clientes?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de obras que la empresa X ha entregado a tiempo?					
Valores posibles: Muy Deficiente (MD), Deficiente (D), Regular (R), Moderado (M), Satisfactorio (S)					

Tabla 13: Encuesta evaluación de la empresa, perspectiva “cliente”

Pregunta	Calificación				
	MD	D	R	M	S
¿Cómo calificaría usted la cantidad de políticas de garantía que ofrece la empresa al momento de seleccionarla como proveedor de servicios?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de certificaciones de calidad que tiene la empresa de servicios X?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de deberes formales con los que cumple la empresa X?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de obras que ha entregado a tiempo la empresa X?					
Valores posibles: Muy Deficiente (MD), Deficiente (D), Regular (R), Moderado (M), Satisfactorio (S)					

Tabla 14: Encuesta evaluación de la empresa, perspectiva “procesos internos”

Pregunta	Calificación				
	MD	D	R	M	S
¿Cómo calificaría usted el porcentaje de personal certificado del total de trabajadores que posee la empresa X?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de horas de capacitación que tienen los colaboradores de la empresa X?					
¿Cómo calificaría usted la cantidad de programas de sostenibilidad ambiental y social en los que participa la empresa X?					
¿cómo calificaría usted el estado de definición del organigrama de la empresa X?					
Valores posibles: Muy Deficiente (MD), Deficiente (D), Regular (R), Moderado (M), Satisfactorio (S)					

Tabla 15: Encuesta evaluación de la empresa, perspectiva “aprendizaje y desarrollo”

Pregunta	Calificación				
	MD	D	R	M	S
¿Cómo calificaría usted la rentabilidad que posee la empresa X?					
¿Cómo calificaría usted las recomendaciones de clientes reconocidos que tiene la empresa X,?					
¿Cómo calificaría usted el nivel de endeudamiento que tiene la empresa X?					
¿Cómo calificaría usted El monto de la fianza con respecto al total del monto de la contratación de la empresa X?					
Valores posibles: Muy Deficiente (MD), Deficiente (D), Regular (R), Moderado (M), Satisfactorio (S)					

Tabla 16: Encuesta evaluación de la empresa, perspectiva “financiera”

Sistema difuso de evaluación de las empresas

La calificación se obtiene a través de un sistema de inferencia difuso de Sugeno para cada perspectiva, con cuatro entradas (una para cada indicador) y una salida. Son entonces cuatro sistemas difusos, uno para cada perspectiva.

Entradas	Salida
Logro del indicador 1	Logro de perspectiva
Logro del indicador 2	
Logro del indicador 3	
Logro del indicador 4	

Tabla 17: Variables de entrada y salida del sistema difuso de logro de las perspectivas

Es necesario una variable lingüística por cada logro de cada indicador y una variable lingüística como logro resultante de la perspectiva.

Variable Lingüística “Logro del indicador”

En la Tabla 18 se presenta la descripción de la variable lingüística de logro del indicador y en la Tabla 19 se presentan sus valores lingüísticos.

Nombre	Logro del indicador
Valores Lingüísticos	Muy Deficiente, Deficiente, Regular, Moderado, Satisfactorio
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 18: Descripción de la variable lingüística “Logro del indicador”

Valor Lingüístico	Tipo de función	Parámetros
Muy deficiente	Trapezoidal	a=0; b=0; c=10; d=30
Deficiente	Triangular	a=10; m=30; b=50
Regular	Triangular	a=30; m=50; b=70
Moderado	Triangular	a=50; m=70; b=90
satisfactorio	Trapezoidal	a=70; b=90; c=100; d=100

Tabla 19: Valores lingüísticos de “Logro del indicador”

La Figura 2 muestra una representación gráfica de sus funciones de pertenencia asociadas.

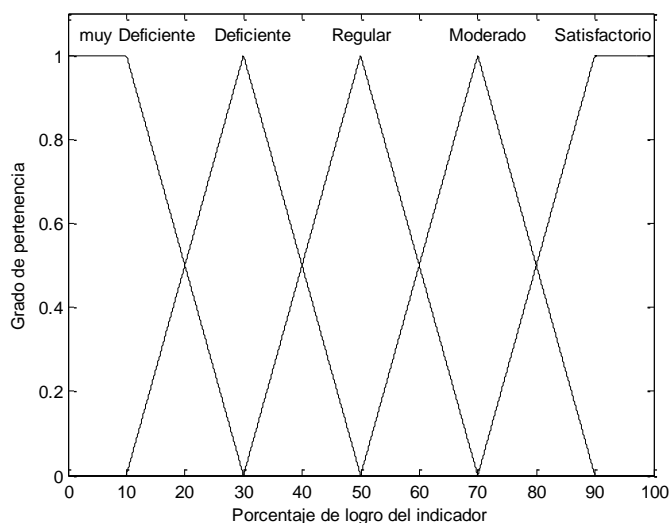


Figura 2: Variable lingüística de del logro del indicador

Variable lingüística “Logro de la perspectiva”

De igual manera se presenta la descripción y valores lingüísticos de la variable “logro de la perspectiva” en la Tabla 20 y Tabla 21 respectivamente.

Nombre	Logro de la perspectiva
Valores Lingüísticos	irrelevante, poco relevante, relevante, importante, vital
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 20: Descripción de la variable lingüística “logro de la perspectiva”

Valor Lingüístico	Valor numérico
Muy deficiente	0
Deficiente	25
Regular	50
Moderado	75
satisfactorio	100

Tabla 21: Valores lingüísticos de “Logro de la perspectiva”

Base de reglas:

El conjunto de reglas está formado por 5 reglas por cada variable de entrada. Las reglas, para un indicador cualquiera, se muestran en la Tabla 22.

Si Logro del indicador es	Entonces Logro de la perspectiva es
Muy deficiente	Muy deficiente
Deficiente	Deficiente
Regular	Regular
Moderado	Moderado
satisfactorio	satisfactorio

Tabla 22: Base de reglas para el sistema difuso del logro de la perspectiva

El sistema de reglas entonces tendrá cuatro veces estas cinco reglas, lo que significa que tendrá veinte reglas difusas. Estas reglas permiten hacer, de manera difusa, un promedio entre las variables cualitativas de entrada. Un resumen de los elementos involucrados en este sistema difuso se presenta en la Tabla 23.

Número de entradas	4
Número de salidas	1
Número de valores difusos para las entradas	5
Número de valores difusos para la salida	5
Número de reglas	20

Tabla 23: Resumen del sistema difuso de importancia de las perspectivas

Sistema difuso para la selección de empresas al momento de la contratación.

Para la evaluación de las tres empresas se obtiene a través de un sistema de inferencia difuso de Sugeno para cada perspectiva, y cada influencia de cada perspectiva y una salida, que es la evaluación ponderada. Estas variables se muestran en la Tabla 24

Entradas	Salida
Logro de la perspectiva 1	Evaluación Balanceada
Influencia de la perspectiva 1	
Logro de la perspectiva 2	
Influencia de la perspectiva 2	
Logro de la perspectiva 3	
Influencia de la perspectiva 3	
Logro de la perspectiva 4	
Influencia de la perspectiva 4	

Tabla 24: Variables de entrada y salida del sistema difuso de evaluación balanceada

Es necesario definir dos variables lingüísticas por cada perspectiva. La primera, cuantifica de manera difusa el logro alcanzado en la perspectiva en cuestión. La segunda, cuantifica la importancia de la perspectiva sobre el Balanced Scorecard. La variable de salida, Evaluación Balanceada, da el índice de evaluación de la perspectiva.

Variable Lingüística “Logro de la perspectiva”

Nombre	Logro de la perspectiva
Valores Lingüísticos	Muy Deficiente, Deficiente, Regular, Moderado, Satisfactorio
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 25: Descripción de la variable lingüística “Logro de la perspectiva”

Valor Lingüístico	Tipo de función	Parámetros
Muy deficiente	Trapezoidal	a=0; b=0; c=10; d=30
Deficiente	Triangular	a=10; m=30; b=50
Regular	Triangular	a=30; m=50; b=70
Moderado	Triangular	a=50; m=70; b=90
satisfactorio	Trapezoidal	a=70; b=90; c=100; d=100

Tabla 26: Valores lingüísticos de “Logro de la perspectiva”

La definición de esta variable lingüística puede representarse gráficamente como se muestra en la Figura 3.

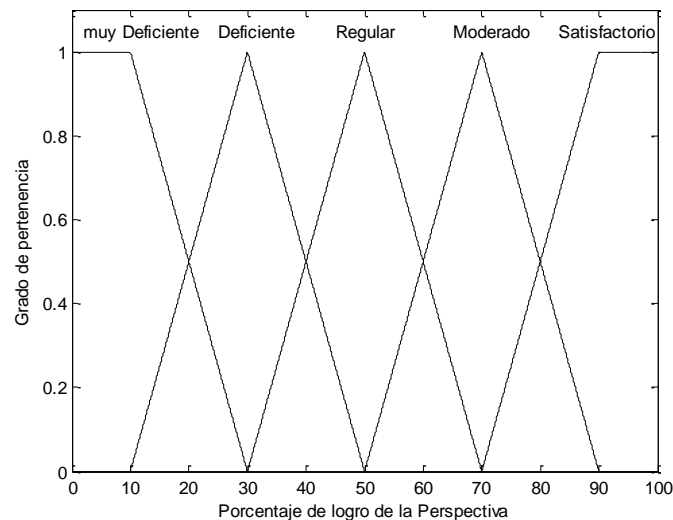


Figura 3: Variable lingüística de logro de la perspectiva

Variable lingüística “Influencia de la perspectiva”

Nombre	influencia de la perspectiva
Valores Lingüísticos	irrelevante, poco relevante, relevante, importante, vital
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 27: Descripción de la variable lingüística “influencia de perspectiva”

Valor Lingüístico	Tipo de función	Parámetros
Irrelevante	Trapezoidal	a=0; b=0; c=10; d=30
Poco relevante	Triangular	a=10; m=30; b=50
Relevante	Triangular	a=30; m=50; b=70
Importante	Triangular	a=50; m=70; b=90
Vital	Trapezoidal	a=70; b=90; c=100; d=100

Tabla 28: Valores lingüísticos de “Influencia de la perspectiva”

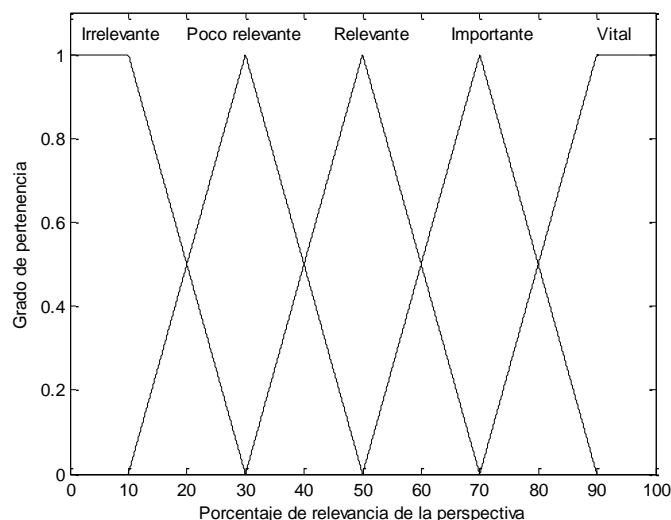


Figura 4: Variable lingüística de relevancia de la perspectiva

Variable Lingüística “Evaluación Balanceada”

También es necesario definir una variable lingüística para describir el resultado final del Balanced Scorecard asociado a la empresa. Ésta variable fue nombrada “Evaluación Balanceada” y se describe como se muestra en la Tabla 29 y en la Tabla 30.

Nombre	Evaluación Balanceada
Valores Lingüísticos	Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy Alto
Dominio	conjunto de valores entre 0 y 100 que corresponden a porcentaje

Tabla 29: Descripción de la variable lingüística “Evaluación Balanceada”

La variable “Evaluación Balanceada” corresponde a coeficientes de una función de Takagi-Sugeno, es decir, funciones de pertenencia con un único valor numérico

Valor Lingüístico	Valor numérico
Muy Bajo	0
Bajo	25
Medio	50
Alto	75
Muy Alto	100

Tabla 30: Valores lingüísticos de “Evaluación Balanceada”

Base de reglas:

Para describir la base de reglas, se utiliza un razonamiento de penalización. Mientras menor sea el logro de la perspectiva, menor valor debe tener la evaluación de ella. Si una perspectiva no tiene impacto sobre la evaluación, entonces la evaluación no se ve afectada por un valor bajo de ella.

Si PERSPECTIVA es	Y INFLUENCIA es	Entonces EVALUACIÓN es
Muy Deficiente	Irrelevante	Muy alto
Muy Deficiente	Poco relevante	alto
Muy Deficiente	Relevante	medio
Muy Deficiente	Importante	bajo
Muy Deficiente	Vital	Muy bajo
Deficiente	Irrelevante	Muy alto
Deficiente	Poco relevante	Muy alto
Deficiente	Relevante	alto
Deficiente	Importante	medio
Deficiente	Vital	Bajo
Regular	Irrelevante	Muy Alto
Regular	Poco relevante	Muy alto
Regular	Relevante	Muy alto
Regular	Importante	alto
Regular	Vital	medio
Moderado	Irrelevante	Muy alto
Moderado	Poco relevante	Muy alto
Moderado	Relevante	Muy alto
Moderado	Importante	Muy alto
Moderado	Vital	alto
Satisfactorio	Irrelevante	Muy alto
Satisfactorio	Poco relevante	Muy alto
Satisfactorio	Relevante	Muy alto
Satisfactorio	Importante	Muy alto
Satisfactorio	Vital	Muy alto

Tabla 31: Base de reglas para el sistema difuso evaluación balanceada

La variable “Evaluación Balanceada”, basado en el funcionamiento del sistema de inferencia difuso de Sugeno, se compone por el promedio de los aportes de cada regla activada y el poder de su activación. Basado en esto, las reglas intentan describir cual es el efecto que cada perspectiva debe tener sobre la evaluación balanceada al considerar su influencia, es decir, mientras menos influyente sea la perspectiva, menor efecto tiene sobre la evaluación balanceada. Esto se describe por 25 reglas por cada perspectiva. Considerando que el sistema descrito posee 4 perspectivas, entonces la base de reglas posee 100 reglas. Con la finalidad de hacer más clara la presentación de la información, solo se muestran las 25 reglas generales, que deben ser implementadas por cada perspectiva considerada.

En resumen se tiene que éste sistema difuso está compuesto de los elementos mostrados en Tabla 32. La implementación matemática de este sistema se hace en el software comercial MATLAB como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Número de entradas	8
Número de salidas	1
Número de valores difusos para las entradas	5
Número de valores difusos para la salida	5
Número de reglas	100

Tabla 32: Resumen del sistema difuso de importancia de las perspectivas

Como parte de la confidencialidad, se omite la información específica de las empresas evaluadas y de los evaluadores usados en este trabajo.

Los expertos evaluadores dan su evaluación de las perspectivas a través de la Tabla 33.

Perspectiva	Indicador	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
Cliente	Cantidad de obras entregadas a tiempo	I	V	MI	MI	MI
	recomendación de clientes reconocidos	I	MI	MI	I	I
	porcentaje de clientes reconocidos en la cartera de clientes	PI	I	MI	I	MI
	cantidad de obras realizadas	MI	MI	MI	I	MI
Procesos internos	Políticas de garantía	MI	I	I	I	I
	Certificaciones de calidad	I	I	MI	I	MI
	Cantidad de requisitos disponibles	I	PI	I	MI	I
	Entregables implementados	I	MI	MI	I	MI
Aprendizaje y desarrollo	Porcentaje de personal certificado del total de trabajadores de la empresa	I	I	MI	I	PI
	cantidad de horas de capacitación por colaborador	I	I	MI	MI	I
	cantidad de programas en los que participa	PI	PI	MI	PI	PI
	implementación del organigrama	PI	PI	MI	PI	PI
Financiera	Rentabilidad Neta	I	I	V	V	PI
	Liquidez	I	I	MI	I	I
	Razón de endeudamiento	MI	PI	I	MI	V
	implementación del organigrama	MI	PI	PI	V	MI

Valores: Nada influyente (NI), Poco influyente (PI), influyente (I), muy influyente (MI), Vital (V)

Tabla 33: Resultados de la encuesta a experto para la relevancia de las perspectivas

Los expertos coinciden, aproximadamente, en la importancia de cada indicador para cada perspectiva. Incrementar el número de valores posibles de los indicadores de cada perspectiva incrementa considerablemente la complejidad del sistema difuso.

Implementando cada criterio de experto al sistema difuso de ponderación relativa de las perspectivas, como se propone en el modelo difuso descrito en la Tabla 6, se obtiene los resultados de la Tabla 34, en donde se muestra la influencia calculada usando los criterios difusos descritos en la tabla anterior. Cada influencia difusa de cada experto se obtiene como un porcentaje y se utiliza como influencia definitiva el promedio del obtenido para cada experto. Sin embargo es importante indicar que los porcentajes indicados no producen una suma de 100% ya que no representan una fracción del total sino intentan indicar que tan relevante es una perspectiva en el aspecto general. Para ejemplificar esto, véase la conclusión obtenida por el experto 1: en la decisión de elegir a una empresa a través del uso del Balanced Scorecard, el 50% de la decisión debe ser la consideración de la perspectiva económica, mientras que el 65% de la decisión debe considerar la perspectiva financiera. Naturalmente, hay partes comunes en cada consideración porque las perspectivas están entrelazadas. Esta cuantificación no busca describir

en porcentaje que tanto efecto corresponderá del resultado final el asociado a una perspectiva en particular sino qué tan importante es cada perspectiva en la evaluación de una empresa en una escala de 0 a 100.

Perspectiva	Influencia Experto 1	Influencia Experto 2	Influencia Experto 3	Influencia experto 4	Influencia experto 5	Promedio
Cliente	50	78.1250	81.25	57.8125	78.1250	69.0625
Procesos internos	57.8125	50	65.625	57.8125	65.6250	59.3750
Aprendizaje y Desarrollo	34.3750	34.3750	81.25	42.1875	26.5625	43.75
Financiera	65.6250	34.3750	62.5	82.8125	62.5	61.5625

Tabla 34: Relevancia difusa de las perspectivas

De manera general, el sistema difuso asociado intenta que una perspectiva sea más relevante mientras más importante sean sus indicadores para la selección de la empresa como ejecutora de proyectos de obras civiles. Obsérvese que el promedio numérico obtenido de la relevancia de cada perspectiva es una cuantificación de qué tan influyente es cada perspectiva sobre el resultado balanceado al momento de comparar a las empresas para su contratación. Además, esta influencia podría convertirse en una calificación cualitativa usando el conjunto difuso asociado a ella. En la Figura 5 se muestra la influencia relativa de cada perspectiva sobre la evaluación total de la empresa, a medida que la columna tiene una altura mayor, más influyente la perspectiva asociada será sobre la evaluación de la empresa (y mayor tendrá el efecto de logros incompletos de los indicadores asociados sobre la evaluación).

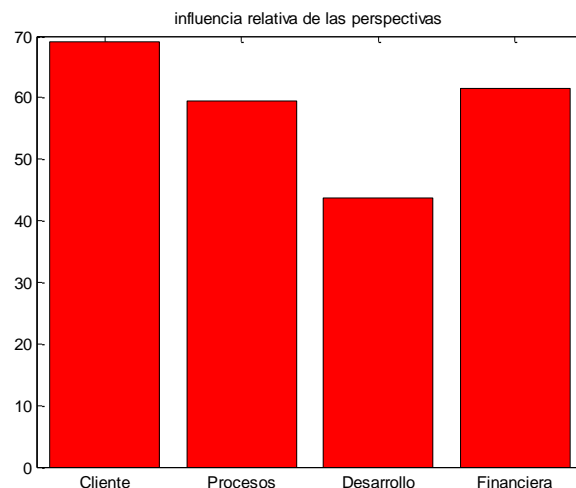


Figura 5: Influencia relativa de las perspectivas para la evaluación difusa de las empresas

Evaluación de las perspectivas de las empresas en estudio

El logro difuso de cada indicador definido para cada empresa se presenta, evaluado a través de parámetros difusos, se presenta en la Tabla 35. Este logro fue obtenido usando las encuestas desarrolladas para tal fin.

La evaluación de los logros de cada perspectiva para cada empresa usando el modelo difuso descrito en la Tabla 17 se presenta en la Tabla 36. Una comparación gráfica de la evaluación por perspectiva de las empresas se

presenta en la Figura 6. A medida que una columna tiene una altura mayor, la perspectiva asociada tiene un logro mayor en la evaluación de la empresa.

El logro alcanzado de cada perspectiva se presenta en forma numérica, pero puede convertirse en un conjunto difuso utilizando la función de pertenencia que le corresponde.

Perspectiva	Indicador	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Cliente	Cantidad de obras entregadas a tiempo	R	M	R
	recomendación de clientes reconocidos	D	D	D
	porcentaje de clientes reconocidos en la cartera de clientes	D	R	R
	cantidad de obras realizadas	R	M	D
Procesos internos	Políticas de garantía	R	M	MD
	Certificaciones de calidad	MD	D	MD
	Cantidad de requisitos disponibles	M	M	M
	Entregables implementados	R	M	D
Aprendizaje y desarrollo	Porcentaje de personal certificado del total de trabajadores de la empresa	MD	MD	MD
	cantidad de horas de capacitación por colaborador	D	M	R
	cantidad de programas en los que participa	MD	D	D
	implementación del organigrama	R	R	D
Financiera	Rentabilidad Neta	R	M	R
	Liquidez	R	M	D
	Razón de endeudamiento	M	MD	D
	Monto de la fianza	R	D	R
Valores posibles: Muy Deficiente (MD), Deficiente (D), Regular (R), Moderado (M), Satisfactorio (S)				

Tabla 35: Evaluación de los indicadores de las empresas usando parámetros difusos

Perspectiva	Logro empresa 1	Logro empresa 2	Logro empresa 3
Cliente	34.375	57.8125	34.3750
Procesos internos	45.3125	65.625	25
Aprendizaje y Desarrollo	17.1875	37.5	21.875
Financiera	57.8125	45.3125	34.375

Tabla 36: Evaluación del logro de las perspectivas de las empresas usando parámetros difusos

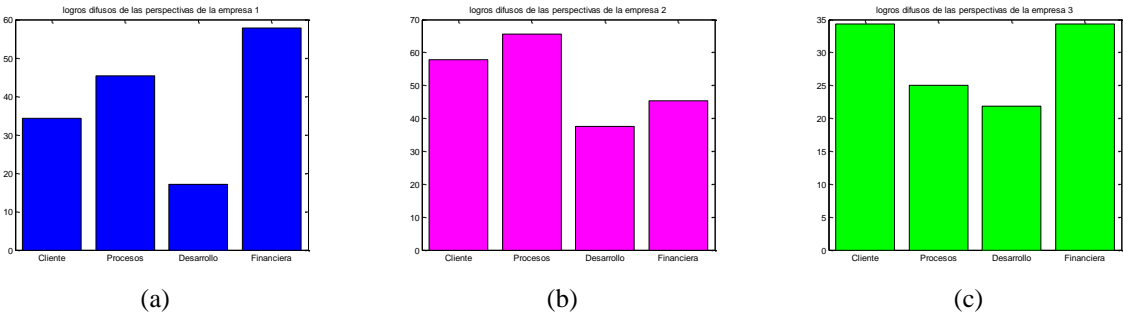


Figura 6: Logros de las perspectivas: (a) de la empresa 1, (b) de la empresa 2 y (c) de la empresa 3.

Evaluación de la mejor opción de contratación

La evaluación de las empresas requiere como entrada el conocimiento de los logros parciales de cada perspectiva de la Tabla 36 y el conocimiento de la ponderación promedio de cada perspectiva de la Tabla 34. Esta información es la entrada del sistema difuso descrito en la Tabla 24.

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Evaluación Balanceada	74.263	87.9654	63.0859

Tabla 37: Evaluación numérica de las empresas

La comparación gráfica de estos índices, que se presenta en la Figura 7, permite observar de manera cualitativa cuál de las empresas tiene una mejor evaluación.

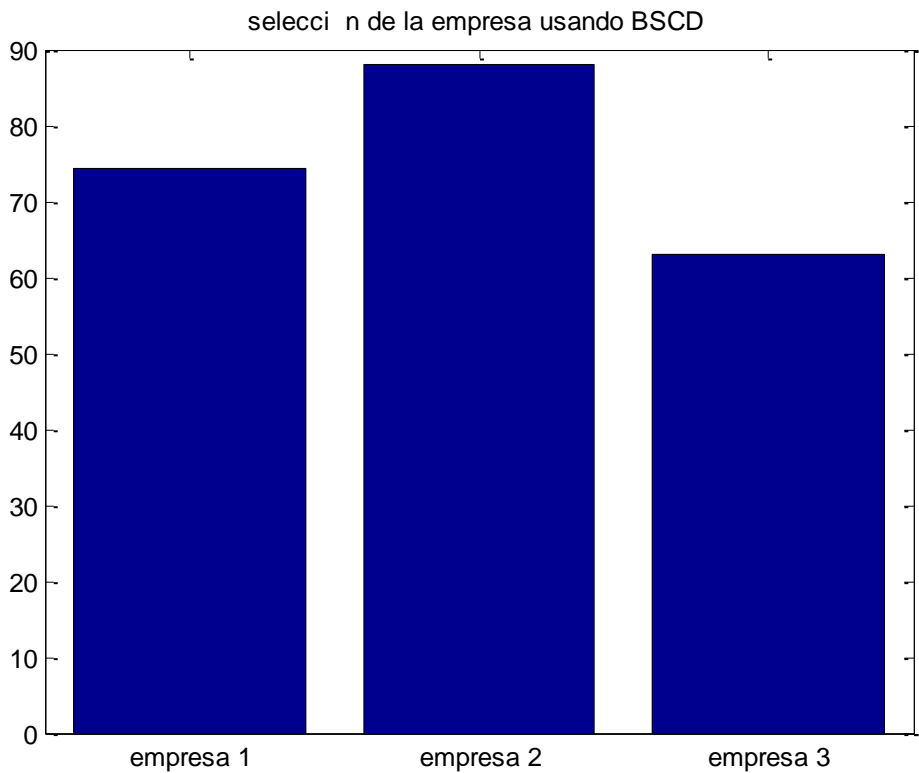


Figura 7: Evaluación comparativa de las empresas

Esta evaluación balanceada conduce a decir que la empresa 2 es la mejor de las tres empresas para su contratación en obras de ingeniería civil, usando un criterio difuso de comparación. Véase que este resultado no es simplemente una multiplicación de los logros parciales de las perspectivas de cada empresa, sino que el resultado definitivo fue medido a través de calificaciones cualitativas de los logros parciales de cada empresa respecto a cada indicador y respecto a cada perspectiva.