

## 5. Conclusiones

En este documento se establece la profundidad de perforación como el factor determinante de tiempos y costos. Se establece que este impacto es diferenciado según la técnica que se utiliza en la fase correspondiente de la perforación.

En cuanto a los valores numéricos, se tiene que el tiempo de perforación se incrementa en 10 y 13 minutos, cuando la profundidad de perforación se incrementa en 1 metro con el método Casing, y con la tecnología convencional, respectivamente.

En lo referido al costo de perforación, a la pregunta ¿en cuánto se incrementa el costo de perforación cuando la profundidad del pozo se incrementa en 1 metro? La respuesta es en us\$ 899, para la tecnología Casing, y us\$ 858 para la tecnología convencional.

## 6. Referencias bibliográficas

Arenas, M., (2008), Introducción a la industria de los hidrocarburos, Santa Cruz, Bolivia: Plural editores.

Loza, H., (2007), Estadística para la toma de decisiones, Santa Cruz de la Sierra.

Bassante A., (2013), Evaluación y optimización de tuberías de revestimiento para pozos a perforar en los campos, Colombia.

Van Belen A., (2010), Casing While Drilling (CWD), Mendoza, and Argentina.

# REVISIÓN CIENTÍFICA

## Tiempos de respuesta en trámites de licencias ambientales

Response times in the process of environmental licenses

Juana Lourdes Vaca Flores

Unidad de Postgrado  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnología UAGRM

### RESUMEN

Se explica las variaciones del tiempo en exceso empleado en la elaboración de documentos ambientales mediante un conjunto de variables que incluyen el tipo tramitado, la clase de proyecto comprometido y la conformación del grupo de consultores. Se llega a estos resultados a partir de un registro de 130 proyectos tramitados por una consultora especializada en este tipo de encargos, a lo largo de los 5 años transcurrido entre 2012 y 2017. Se utiliza técnicas avanzadas de la inferencia estadística que incluye distribuciones de frecuencia, prueba de hipótesis en tablas de contingencia y un modelo de regresión de series temporales.

**Palabras claves:** autoridades competentes, legislación ambiental, licencias ambientales, modelos de regresión, tiempos en exceso.

### ABSTRACT

The variations in excess time used in the preparation of environmental documents are explained by a set of variables that include the type processed, the type of project committed and the conformation of the group of consultants. These results are obtained from a register of 130 projects processed by a consultancy specialized in this type of commissions, over the five years elapsed between 2012 and 2017. Advanced statistical inference techniques are used, including distributions of frequency, test of hypothesis in contingency tables and a regression model of time series.

**Keywords:** competent authorities, environmental legislation, environmental licenses, regression models, excess times.

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es proponer un sistema de gestión en una empresa cuya misión es la prestación de servicios en el ámbito de la elaboración de documentos y trámites para obtención de licencias ambientales. Es importante identificar las unidades alrededor de las cuales se ordenan las actividades al mismo tiempo que se miden e identifican así, los tiempos críticos de ejecución de tareas. Se trata entonces, de tomar las previsiones necesarias para establecer una relación con el cliente en los mejores términos; i.e., ofrecer un servicio de calidad en un tiempo conveniente.

El tema de los tiempos de ejecución de tareas es crucial en este entendido. En este sentido, el tiempo que demora la autoridad competente desde la revisión del documento hasta su aprobación, es para la consultora, un factor exógeno e incontrolable; mientras que el tiempo empleado en la realización de las múltiples tareas asignadas al personal, es justamente, el tema central de la investigación. De lo que se trata es entonces, de minimizar este tiempo.

En esta historia de tiempos, se define el tiempo esperado, y el tiempo observado, como los elementos centrales de evaluación. En este entendido, tiempo observado, como su nombre lo indica, es un dato de la realidad obtenido de los registros históricos de la consultora operando en el mercado desde agosto del 2005; mientras que el tiempo esperado es una suerte de promedio que se utiliza como referencia de evaluación.

Establecidas estas definiciones, es inmediato definir el concepto de tiempo en exceso, como la diferencia entre estos 2 tiempos. El tiempo en exceso es entonces la demora adicional del tiempo de realización del trabajo sobre el

tiempo esperado para hacerlo. Aclarado este concepto, lo siguiente es definir un indicador de performance del trabajo de consultoría realizado como una magnitud comprendida entre 0 y 1.

El indicador de performance abarca tanto los conceptos referidos a la gestión interna de la consultora como a la gestión externa, responsabilidad de la autoridad ambiental competente. Por lo tanto, el indicador de performance tiene como referencia no sólo el ámbito interno de acción de la consultora sino también algo que no controla.

El objetivo de esta investigación es entonces, identificar los factores administrativos que inciden en los tiempos de respuestas de las solicitudes del cliente de manera a proponer elementos de modificación del sistema de gestión. En lo específico, se presenta en primer lugar en tablas de distribución de frecuencia, un panorama general de las actividades específicas de la consultora en cada una de las clases de proyectos tramitados. En segundo lugar, se analizan distribuciones conjuntas de frecuencia llegando a establecer las causas de los retrasos. Finalmente, se integra el conjunto de las variables explicativas en un modelo de regresión identificando la magnitud de cada coeficiente de impacto.

## 2. TIEMPOS DE DURACIÓN DEL TRÁMITE

En esta sección se presenta la distribución de frecuencias de cada una de las variables observadas comenzando por el tipo de documento. Comprende los tipos de instrumento de regulación de alcance particular como Manifiestos Ambientales, Fichas Ambientales<sup>1</sup>, Programa de Prevención y Mitigación y Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental,

Monitoreos Ambientales y Registro y Licencia para Actividades con Sustancias Peligrosas.

### 2.1. Duración de las actividades principales

En la **Tabla 2.1** se presenta la distribución de frecuencias de los tipos de documento tramitados en la consultora. En cabeza de la clasificación figura el monitoreo ambiental que representa el 35% de los documentos tramitados. Se trata de un documento que permite realizar un seguimiento continuo de la calidad ambiental, a través de la observación, medidas y evaluaciones de una o más condiciones ambientales, con propósitos definidos. Se lo tramita ante la gobernación departamental.

En segundo lugar, de la clasificación, con 19% de los documentos tramitados, se tiene la licencia para actividades con sustancias peligrosas. Está en la obligación de hacerlo toda persona natural o colectiva, pública o privada que realice actividades con sustancias peligrosas ante la gobernación o el ministerio del ramo.

En tercer lugar, aparece los documentos de programa de prevención y mitigación con 18%. Son documentos que registran las acciones que se tiene previsto tomar a fin de prevenir, reducir, remediar o compensar los efectos negativos que sean consecuencia de la actividad que el agente económico pretende o está realizando.

En cuarto lugar, 17% de los documentos tramitados son fichas ambientales que es un documento técnico fuera de vigencia desde el 2 de mayo del 2018, reemplazado por el formulario de categorización.

El manifiesto ambiental representa el 11% de los documentos tramitados. Es un instrumento

mediante el cual, el representante legal de un proyecto, obra o actividad en proceso de implementación, informa a la autoridad ambiental competente sobre el estado en que se encuentra el mismo, proponiendo adicionalmente, un plan de adecuación. Tiene calidad de declaración jurada y puede ser aprobado o rechazado por la autoridad.

**Tabla 2.1.** Tipo de documento

Tipo de documento	Frecuencia	Porcentaje
Monitoreo ambiental	45	35
Licencia	25	19
Mitigación	24	18
Ficha Ambiental	22	17
Manifiesto ambiental	14	11
Total	130	100

En la **Tabla 2.2** se muestra la distribución de frecuencia de los documentos que han sido clasificado según el ámbito de actividad económica al que pertenece un proyecto. Se muestra que los documentos que pertenecen al sector hidrocarburos representan el 52% de los documentos tramitados, mientras que el valor mínimo lo representan el sector recurso hídricos y saneamiento básico con un 9%.

**Tabla 2.2** Sector al que pertenece el documento

Sector	Frecuencia	Porcentaje
Hidrocarburos	68	52
Industrial	12	9
Energía	10	8
Recurso hídrico	9	7
Saneamiento básico	9	7
Otros	22	17
Total	130	100

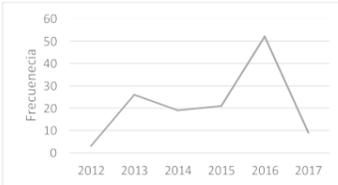
En la **Tabla 2.3** se presenta la conformación del grupo de consultores según género y número. La mayor parte de los trámites han sido realizados por consultores unipersonales de género femenino; mientras que los trabajos de consultoría realizados por grupos de consultores apenas representan el 11%.

**Tabla 2.3.** Consultores del equipo multidisciplinario

Género y número	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	58	45
Masculino	57	44
Plural	15	12
Total	130	100

En la **Tabla 2.4** se presenta la distribución de frecuencia de cantidad de documentos que se han elaborado durante 6 años de trabajo. Se observa que el 40% de los documentos fueron elaborados en el año 2016, mientras que la menor cantidad fue en el año 2012 con el 3%.

Año	Frecuencia	Porcentaje
2012	3	2
2013	26	20
2014	19	15
2015	21	16
2016	52	40
2017	9	7
Total	130	100

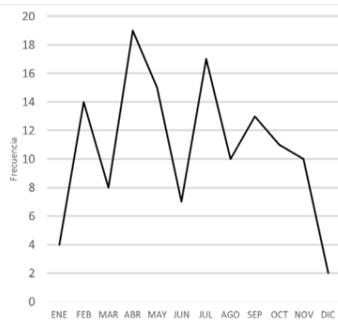


**Tabla 2.4.** Año de firma de contrato

En la **Tabla 2.5** se presenta la distribución de frecuencias de la cantidad de documentos que se han elaborado por meses. Se observa que en el mes de abril se elaboraron la mayor parte de los documentos en un 15% del total, mientras que el menor número de documentos elaborados fue en el mes de diciembre con 2%.

**Tabla 2.5** Mes de firma del contrato

Mes	Frecuencia	Porcentaje
Enero	4	3
Febrero	14	11
Marzo	8	6
Abril	19	15
Mayo	15	12
Junio	7	5
Julio	17	13
Agosto	10	8
Septiembre	13	10
Octubre	11	8
Noviembre	10	8
Diciembre	2	2
Total	130	100

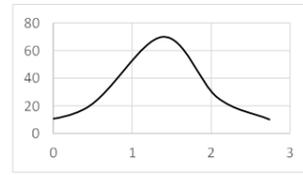


En la **Tabla 2.6** se tiene el tiempo de elaboración de los documentos entiendo por tal los días

transcurridos desde el momento en que se entrega la responsabilidad al consultor hasta el momento en que éste entrega el documento hecho. Se observa que el valor modal está entre 3 y 5 días, aun cuando hay que señalar que algunos documentos llevan apenas un día, mientras que otros, 20, dependiendo del tipo.

**Tabla 2.6.** Tiempo de elaboración del documento

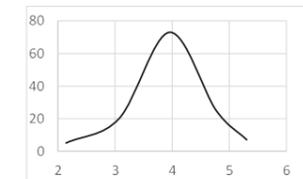
Días	Frecuencia	Porcentaje
1	6	5
2	18	14
3 a 5	70	54
6 a 10	26	20
11 a 20	10	8
Total	130	100



En la **Tabla 2.7** se presenta el tiempo empleado por la autoridad para revisar y evaluar el documento y emitir un informe, sin que esto signifique que el trámite esté concluido. A diferencia del tiempo que toma el consultor en la elaboración del documento, cuando se trata de la revisión de la autoridad, los tiempos cambian de magnitud y cambian de escala, con una amplitud que comienza en 5 días en el mejor de los casos, y termina en 233 días. En la clase modal con 56% de los proyectos, es decir más de la mitad, el trámite dura de 30 a 74 días hábiles. Como señalado hay trámites que duran entre 5 y 12 días, pero hay otros que lo hacen durar entre 168 a 233 días.

**Tabla 2.7.** Tiempo empleado por la autoridad en la revisión del documento

Días	Frecuencia	Porcentaje
5 a 12	5	4
14 a 29	20	15
30 a 74	73	56
75 a 160	25	19
168 a 233	7	5
Total	130	100

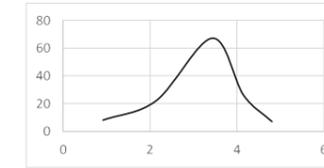


En la **Tabla 2.8** se tiene el tiempo que emplea el consultor en el trámite, y que incluye la elaboración del documento y las respuestas a

las observaciones de la autoridad. Se observa que, en los extremos, se tarda 162 días en completarse el trámite, y en lo menor, se emplea de 2 a 3 días. En la clase modal donde está el mayor porcentaje, se tarda entre 14 y 48 días.

**Tabla 2.8.** Tiempo empleado por el consultor en el trámite

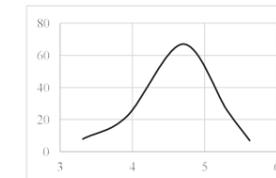
Días	Frecuencia	Porcentaje
2 a 3	8	6
4 a 13	22	17
14 a 48	67	52
49 a 78	26	20
82 a 162	7	5
Total	130	100



En la **Tabla 2.9**, se tiene el tiempo total de duración del trámite entendiéndose por tal el tiempo transcurrido desde la firma del contrato hasta la entrega del documento al cliente. En el rango de valores observados efectivos se tiene que el tiempo menor es de 20 días y el mayor, 300 días hábiles, lo cual se puede pensar perfectamente que es superior a un año calendario. En la clase modal donde está la mayor parte de los trámites, el tiempo es entre 68 y 151 días, aunque como señalado existen trámites que pueden durar 20 días.

**Tabla 2.9.** Tiempo total de duración del trámite

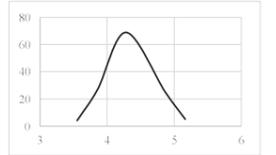
Días	Frecuencia	Porcentaje
20 a 35	8	6
36 a 65	22	17
68 a 151	67	52
152 a 251	26	20
253 a 300	7	5
Total	130	100



La **Tabla 2.10** se puede comparar con el anterior puesto que representa el tiempo que se espera para concluir el trámite. Como se ve, el límite superior está en 180 días y el inferior en 30, mientras que la clase modal va de 55 a 90 días, con el 53% de los proyectos.

**Tabla 2.10.** Tiempo que se espera para concluir el trámite

Días	Frecuencia	Porcentaje
30 a 40	4	3
45 a 50	27	21
55 a 90	69	53
100 a 160	25	19
170 a 180	5	4



## 2.2. Indicador de performance de la consultoría

En primer lugar, se define el tiempo en exceso de la consultoría  $p22$ , como la diferencia entre el tiempo total de duración del trámite  $p20$ , y el tiempo esperado  $p21$ .

$$p22_i = p20_i - p21_i;$$

siendo que  $p22$  admite valores en el recorrido de R, es posible la presencia de valores negativos. Con la idea de definir un indicador del tiempo en exceso  $p22\_2 \in [0, 1]$ , se traslada  $p22$  sobre el eje hasta el origen:

$$p22\_1 = p22 + |\min(p22)|$$

Finalmente, se define  $p22\_2$  de la forma que sigue:

$$p22\_2 = 1 - \frac{p22\_1}{\max(p22) - \min(p22)}$$

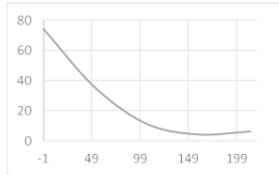
No cuesta entonces, nada, pasar de un indicador, por decir, negativo, tiempo en exceso, a un indicador de performance de la consultoría establecido simplemente como sigue:

$$p22\_3 = 1 - p22\_2$$

En la **Tabla 2.11** se tiene el tiempo en exceso de duración del trámite. Se observa que la primera clase incluye valores negativos lo que quiere decir que tanto los consultores como la autoridad competente se desempeñan mejor

de lo previsto, mejor de lo planificado, mejor de lo esperado; y es por esa razón que en el extremo inferior aparece un valor negativo igual a 27 días. Se podría pensar que es la excepción; no es el caso, pues en la primera clase de equivalencia se tiene 57% de los proyectos, apenas el 27 % en la segunda, y así va decayendo con una cierta irregularidad en la última clase que en lugar de seguir cayendo, sube algo.

Días	Frecuencia	Porcentaje
-27 a 26	74	57
27 a 80	35	27
81 a 133	11	8
134 a 187	4	3
188 a 240	6	5
Total	130	100



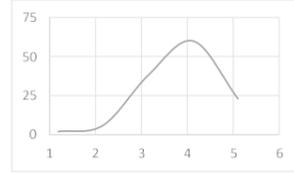
**Tabla 2.11.** Tiempo en exceso de duración del trámite  
De esta primera tabla se puede concluir que en 18% de los proyectos (23 en total), se ha logrado hacer el trámite en un tiempo menor de lo planificado como se observa en la Tabla 2.12. No es el caso de la gran mayoría, es decir 82% de los proyectos donde el tiempo está por encima de lo esperado.

	Frecuencia	Porcentaje
por debajo de lo esperado	23	18
por encima de lo esperado	107	82
Total	130	100

**Tabla 2.12.** Los proyectos según sus tiempos  
En la Tabla 2.13 se tiene una representación en escala semilogarítmica del tiempo en exceso de duración del trámite. Se tiene una función asimétrica volcada hacia los valores más bajos de manera que la clase modal está en el cuarto rango donde el mayor número de proyectos, 47%, casi la mitad de los proyectos, toma de 39 a 100 días; mientras que un quinto de los proyectos toma más de 100 días, teniendo como tope 268 días, más de un año calendario.

Finalmente, en el extremo inferior se tiene un porcentaje muy reducido de proyectos que están en el límite de los 14 días.

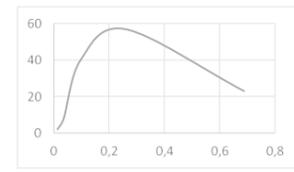
Días	Frecuencia	Porcentaje
2 a 5	3	2
6 a 14	6	5
15 a 38	38	29
39 a 100	60	47
101 a 268	23	18
Total	130	100



**Tabla 2.13** Tiempo en exceso de duración del trámite

En cuanto al indicador de performance de la Tabla 2.14, se tiene que su distribución de frecuencias es muy parecida, por no decir igual, a la presentada en la tabla anterior, como no podía ser de otra manera. Lo novedoso del indicador es que fija una escala de valores comprendidos entre 0 y 1, con el 1 como el valor de la performance perfecta. En este entendido observar que el 82% de las calificaciones está por debajo de 40%, envía un mensaje claro sobre la necesidad de recalculer los tiempos esperados, incluyendo las demoras sustantivas de los trámites en las oficinas de las autoridades competentes.

Indicador	Frecuencia	Porcentaje
0,01 a 0,02	2	1
0,021 a 0,05	8	6
0,051 a 0,14	40	31
0,141 a 0,38	57	44
0,381 a 1	23	18
Total	130	100



**Tabla 2.14.** Indicador de la performance de la consultora  
**3. Tiempos empleados**

### 3.1. Tipo de documento

En la **Tabla 3.1.1** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo empleado por el consultor para elaborarlo, expresado en días hábiles. El estadístico del Chi2 distribuido con 8 grado de libertad, igual a 84, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis

nula, y así la independencia estadística de las variables. En efecto, en esta tabla se observa que en el 84% de los monitoreos ambientales se emplea hasta 4 días en su elaboración, estando esta cifra en los rangos menores del tiempo empleado. Por el contrario, todos los manifiestos y documentos de mitigación están en la clase de los valores más altos del tiempo empleado.

**Tabla 3.1.1.** Tiempo empleado por el consultor

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	hasta 2	de 3 a 4	más de 4	
Manifiesto	0	0	14	14
Ficha	0	8	14	22
Mitigación	0	0	24	24
Sustancias	7	16	2	25
Monitoreo	17	21	7	45
Total	24	45	61	130

$$Chi^2, 8^o l \quad 84 \quad 0$$

En la **Tabla 3.1.2** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo que emplea la autoridad ambiental en revisión y evaluación. El estadístico del Chi2 con 8 grado de libertad, igual a 23, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y las variables son estadísticamente dependientes. Se observa que, en el caso del manifiesto, las frecuencias altas están en la clase de tiempos mayores a 58 días. No es el caso de los documentos de mitigación donde las frecuencias más elevadas están en las 2 clases más bajas del tiempo empleado, por debajo de los 58 días.

**Tabla 3.1.2.** Tiempo empleado por la autoridad

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos de 30	31 a 58	más de 58	
Manifiesto	0	5	9	14
Ficha	8	9	5	22
Mitigación	7	12	5	24
Sustancias	8	8	9	25
Monitoreo	14	5	26	45
Total	37	39	54	130

$$Chi^2, 8^o l \quad 23 \quad 0$$

En la **Tabla 3.1.3** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo que emplea el consultor en responder observaciones de la autoridad. El estadístico del Chi2 está también, en la región crítica de la prueba, y las variables son estadísticamente dependientes. Se observa que las frecuencias altas están en la clase de tiempos menores a 20 días para el caso de los monitoreos ambientales. No es el caso de las fichas ambientales y las sustancias peligrosas donde las frecuencias más elevadas están en las 2 clases más altas del tiempo empleado, por encima de los 44 días.

**Tabla 3.1.3.** Tiempo empleado por el consultor en responder observaciones

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos de 20	21 y 44	más de 44	
Manifiesto	0	3	11	14
Ficha	8	11	3	22
Mitigación	11	8	5	24
Sustancias peligrosas	7	10	8	25
Monitoreo	37	5	3	45
Total	63	37	30	130

$$Chi^2, 8^o l \quad 56 \quad 0$$

En la **Tabla 3.1.4** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo total que emplea el consultor en el trámite, expresado en días hábiles. El estadístico del Chi2 recomienda rechazar la hipótesis nula, y el tipo de documento explica el tiempo empleado. En efecto, se observa que en el 60% de los monitoreos ambientales se emplea hasta 19 días en su elaboración, presentación y respuesta a observaciones, estando esta cifra en los rangos menores del tiempo empleado. Por el contrario, todos los manifiestos y documentos de mitigación están en la clase de los valores más altos del tiempo empleado.

**Tabla 3.1.4.** Tiempo total que emplea el consultor en el trámite

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos a 19	20 y 42	más de 42	
Manifiesto	0	0	14	14
Ficha	3	14	5	22
Mitigación	6	9	9	24
Sustancias peligrosas	6	9	10	25
Monitoreo	27	14	4	45
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 57 | 0

En la **Tabla 3.1.5** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo total del trámite, expresado en días hábiles. Se rechaza igualmente, la hipótesis nula, y así, la independencia estadística de las variables. En efecto, en esta tabla se observa que en el 85% de los casos se emplea más de 140 días en el trámite de un manifiesto ambiental; mientras que, si el documento es mitigación, en el 41% de los casos se emplea entre 79 y 139 días.

**Tabla 3.1.5.** Tiempo total de duración del trámite

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos de 78	79 y 139	más de 139	
Manifiesto	0	2	12	14
Ficha	7	14	1	22
Mitigación	9	10	5	24
Sustancias peligrosas	6	12	7	25
Monitoreo	16	12	17	45
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 33 | 0

En la **Tabla 3.1.6** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo esperado de duración del trámite, expresado en días hábiles. El estadístico del Chi<sup>2</sup> distribuido con 8 grado de libertad, igual a 40, se encuentra en plena región crítica de la prueba; de esta manera, se rechaza la hipótesis nula, y así, la independencia estadística de las variables. Se observa que, en el caso del manifiesto está en la clase de tiempos mayores a 76 días. No es el caso de los documentos de monitoreo donde las frecuencias más elevadas están en las 2 clases más bajas del tiempo esperado, por debajo de los 55 días.

**Tabla 3.1.6** Tiempo esperado de duración del trámite

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos de 55	56 y 75	más de 75	
Manifiesto	0	0	14	14
Ficha	10	11	1	22
Mitigación	4	8	12	24
Sustancias peligrosas	3	7	15	25
Monitoreo	16	15	14	45
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>56</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 40 | 0

En la **Tabla 3.1.7** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del tipo de documento y el tiempo en exceso observado en la realización del trámite, expresado en días hábiles. Constituye uno de los resultados más importantes de esta investigación puesto que de esta manera se pone de manifiesto la relación entre el tipo de documento tramitado y el incumplimiento de la expectativa de planificación.

El valor del estadístico recomienda rechazar la hipótesis nula, y así la independencia estadística de las variables. Se observa que las frecuencias más altas están en la clase de tiempos mayores en el caso de los monitoreos ambientales; mientras que los que tienen frecuencias altas en la clase de tiempos bajos son los trámites de licencias para actividades con sustancias peligrosas.

**Tabla 3.1.7.** Tiempo en exceso del trámite

Tipo de documento	Días hábiles			Total
	menos de 2	2 y 37	más de 37	
Manifiesto	0	11	3	14
Ficha	1	12	9	22
Mitigación	6	11	7	24
Sustancias peligrosas	9	11	5	25
Monitoreo	9	15	21	45
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 19 | 0

### 3.2. Género del consultor

En la **Tabla 3.2.1** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del grupo de consultores y el tiempo que emplean en la elaboración de documentos. El estadístico del Chi<sup>2</sup> con 4 grado de libertad, igual a 20, se

encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y las variables son estadísticamente dependientes. En esta tabla se observa que, para un número comparable de proyectos, las frecuencias en la clase de tiempos menores favorecen a las mujeres 24%, en comparación con los varones 18%.

**Tabla 3.2.1.** Tiempo empleado por el consultor en la elaboración del documento

Género y número		Días hábiles			Total
		hasta 2	de 3 a 4	más de 4	
Total	masculino	10	23	24	57
	femenino	14	22	22	58
	plural	0	0	15	15
<b>Total</b>		<b>24</b>	<b>45</b>	<b>61</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 20 | 0

En la **Tabla 3.2.2** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del grupo de consultores y el tiempo empleado en responder observaciones. El estadístico del Chi<sup>2</sup> con 4 grado de libertad, igual a 31, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y las variables son estadísticamente dependientes. la observación en esta matriz es la misma que en la anterior con los porcentajes en favor de las mujeres 64%, superiores a la de los varones 46%, en el caso de la clase de menores tiempos.

En cuanto a los grupos compuestos por varios consultores, sus frecuencias más elevadas 73%, se encuentran en la clase de los mayores tiempos, no pareciendo una buena idea ceteris paribus, encargar los proyectos a grupos de consultores en lugar de hacerlo individualmente.

**Tabla 3.2.2.** Tiempo del consultor para responder observaciones

Género y número		Días hábiles			Total
		menos de 20	21 y 44	más de 45	
Total	masculino	26	21	10	57
	femenino	37	12	9	58
	plural	0	4	11	15
<b>Total</b>		<b>63</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 31 | 0

En la **Tabla 3.2.3** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del grupo de consultores y el tiempo total empleado en el trámite. Al examen de esta distribución extremadamente parecida a las 2 previas, se formulan las mismas conclusiones, a saber, una mejor performance de las mujeres sobre los varones y del individuo, ceteris paribus, sobre los grupos.

**Tabla 3.2.3.** Tiempo total empleado por el consultor en el trámite

Género y número		Días hábiles			Total
		menos a 19	20 y 42	más de 43	
Total	masculino	19	22	16	57
	femenino	23	24	11	58
	plural	0	0	15	15
<b>Total</b>		<b>42</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 37 | 0

En la **Tabla 3.2.4** se presenta la distribución conjunta de frecuencias entre el grupo de consultores y el tiempo total de duración del trámite. El estadístico del Chi<sup>2</sup> con 8 grado de libertad, igual a 20, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y las variables son estadísticamente dependientes. Se observa que los trabajos realizados por las mujeres están en la clase de más de 140 días. Mientras que, en la segunda y primera columna, de tiempos menores, las frecuencias mayores están en los hombres.

**Tabla 3.2.4.** Tiempo total de duración del trámite

Género y número		Días hábiles			Total
		menos de 78	79 y 139	más de 140	
Total	masculino	21	24	12	57
	femenino	17	23	18	58
	plural	0	3	12	15
<b>Total</b>		<b>38</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>130</b>

Chi<sup>2</sup>, 8°l | 20 | 0,001

### 3.3. Sector

En la **Tabla 3.3.1** se tiene la distribución conjunta de frecuencias del sector al que pertenece el

documento y el tiempo que emplea el consultor en el trámite, expresado en días hábiles. El estadístico del Chi2 distribuido con 2 grados de libertad, igual a 9, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y el sector explica la duración del trámite. En efecto, en esta tabla se observa que 44% de los proyectos en hidrocarburos están en la clase de tiempos prolongados. Por el contrario, en el caso de proyectos otros que hidrocarburos, el 39% de los proyectos se encuentran en la clase de los tiempos relativamente breves.

**Tabla 3.3.1.** Tiempo total empleado por el consultor en el trámite

Sector	Hidrocarburos	Días			Total
		menos a 19	20 y 42	más de 42	
	Otros	18	20	30	68
		24	26	12	62
Total		42	46	42	130

Chi², 8°l | 9 | 0,01

En la **Tabla 3.3.2** se presenta la distribución conjunta de frecuencias del sector al que pertenece el proyecto presentado y el tiempo que emplea la autoridad ambiental competente en la revisión y evaluación. El estadístico del Chi2 con 2 grados de libertad, igual a 8, se encuentra en plena región crítica de la prueba; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y las variables son estadísticamente dependientes. En efecto, se observa que las frecuencias más elevadas están en la clase de tiempos relativamente breves, en el caso de hidrocarburos. Por el contrario, en proyectos que no pertenecen a este sector, las frecuencias más elevadas están en la clase de los tiempos prolongados.

**Tabla 3.3.2.** Tiempo empleado por la autoridad

Sector	Hidrocarburos	Días			Total
		menos a 30	entre 30 y 58	más de 58	
	Otros	25	22	21	68
		12	17	33	62
Total		37	39	54	130

Chi², 8°l | 8 | 0,02

#### 4. El tiempo en exceso en un modelo lineal

En esta sección se presenta un modelo explicativo del tiempo en exceso en la elaboración del documento en trámites de obtención de licencias ambientales.

##### 4.1. Tiempo en exceso en la elaboración del documento

En el modelo, el tipo de documento a saber, *ficha ambiental, p3\_2; medidas de mitigación, p3\_3; licencia para actividad con sustancias peligrosas, p3\_4; y monitoreo ambiental, p3\_5*, explican las variaciones del *tiempo en exceso*  $p9_2$ , que demora el consultor en la elaboración del documento.

Adicionalmente, el tipo de proyecto en trámite, a saber, *hidrocarburos, p4\_1; saneamiento básico, p4\_2; y energía eléctrica, p4\_3*, explican también, las variaciones del *tiempo en exceso* que demora el consultor en la elaboración del documento.

Finalmente, la composición del grupo de consultores asignados al proyecto,  $p5_1$ , pertenece igualmente, al conjunto de variables explicativas del tiempo en exceso.

$$p9_2 = a_0 + a_1 p3_2 + a_2 p3_3 + a_3 p3_4 + a_4 p3_5 + a_5 p4_1 + a_6 p4_2 + a_7 p4_3 + a_8 p5_1 + \mu_i$$

donde  $a_i$ ;  $i = 0, 1, 2, \dots, 8$ ; son los coeficientes de impacto correspondientes a cada una de las variables ya definidas; mientras los errores  $\mu_t$  siguen un esquema auto regresivo de orden 3, especificado como sigue

$$\mu_t = \rho \mu_{t-3} + \varepsilon_t$$

con  $t = 1, 2, \dots, 130$ , siendo  $\varepsilon_t$  un residuo de media nula, varianza constante y covarianzas nulas.

Planteado el modelo, los resultados de regresión aparecen en la **Tabla 4.1.1** donde junto a los valores de los coeficientes de cada variable explicativa se muestra el valor del estadístico y la probabilidad asociada, poniendo de manifiesto que todos los coeficientes son significativamente diferentes de 0.

En cuanto a la interpretación cuantitativa de cada coeficiente, el valor igual a -1.6 significa que cuando el trámite concierne una ficha ambiental, el tiempo en exceso está un poco más de un día y medio por debajo de tiempo en exceso tomado para elaborar cualquier otro documento.

Para el segundo coeficiente de la **Tabla 4.1.1**, la interpretación es casi idéntica, teniendo en cuenta el signo y la magnitud del coeficiente, -1.5, situando al documento sobre medidas de mitigación en un plano de igualdad con la ficha ambiental, en cuanto al tiempo en exceso tomado en la elaboración del documento.

El tercer coeficiente de la tabla, igual a -2.6, señala que el tiempo en exceso en el caso de la licencia para actividad con sustancias peligrosas es menor en un día, con respecto al utilizado en la elaboración de los 2 documentos anteriores.

Finalmente, el cuarto coeficiente, igual a -3.8, muestra que el informe de monitoreo ambiental está situado en la mejor posición de los 4 tipos de documento analizados, puesto que su tiempo en exceso está casi 4 días por debajo del tiempo en exceso utilizado para la elaboración de otros documentos.

Pasando ahora al análisis de los sectores de pertenencia del documento elaborado, aquellos clasificados en el sector hidrocarburos toman

más de 2 días adicionales de tiempo en exceso con respecto al promedio observado en el conjunto de documentos elaborados.

Los documentos del sector saneamiento básico y los de energía eléctrica toman 1 día y medio adicional para su elaboración, con respecto al tiempo en exceso de otro tipo de documentos elaborados.

◇

Por último, en lo referido al impacto del número de consultores sobre el tiempo en exceso en la elaboración de documentos, por cada consultor adicional que conforma el grupo, el tiempo en exceso se incrementa en más de un día y medio.

**Tabla 4.1.1.** Resultados de regresión

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
P3_2	-1.58	0.61	-2.58	0.01
P3_3	-1.54	0.44	-3.52	0
P3_4	-2.61	0.63	-4.12	0
P3_5	-3.75	0.44	-8.54	0
P4_1	2.17	0.46	4.68	0
P4_2	1.44	0.74	1.94	0.06
P4_3	1.50	0.60	2.49	0.01
P5_1	1.65	0.20	8.15	0
AR(3)	-0.31	0.08	-3.99	0

En la **Tabla 4.1.2** se presenta los indicadores de la bondad del ajuste donde se tiene que el coeficiente de determinación igual a 47%, está diciendo que las variables del modelo explican este porcentaje de las variaciones del tiempo en exceso utilizado en la elaboración de documentos. La prueba de Durbin Watson informa por otro lado, que los errores no están auto correlacionados conforme a las hipótesis del modelo, lo mismo que las funciones de auto correlación y de auto correlación parcial que figuran en anexo.

◇

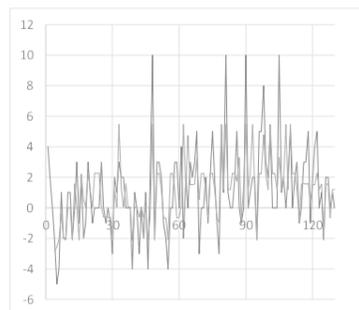
**Tabla 4.1.2.** Bondad del ajuste

<i>R-squared</i>	0.51	<i>Mean dependent var</i>	1.1
<i>Adjusted R-squared</i>	0.47	<i>S.D. dependent var</i>	2.80
<i>S.E. of regression</i>	2.04	<i>Sum squared resid</i>	498
<i>Log likelihood</i>	-272	<i>Durbin-Watson stat</i>	2
<i>Inverted AR Roots</i>	0.34-0.59i	0.34+0.59i	-0.68

En la **Tabla 4.1.3** se tiene los valores observados y estimados del tiempo en exceso tomado en la elaboración de documentos, junto con su representación gráfica donde se aprecia la cercanía de los valores generados por el modelo.

**Tabla 4.1.3.** Valores observados y estimados

Proyecto	Observado	Estimado
1	4	0
11	1	0
21	-1	0
31	2	1
41	0	0
51	3	2
61	4	0
71	0	2
81	10	5
91	0	1
101	5	5
111	0	2
121	4	2
130	0	1



## 5. Conclusiones y recomendaciones

En los monitoreos ambientales, el tiempo empleado está en los rangos menores. Por el contrario, todos los manifiestos y documentos de mitigación están en la clase de los valores más altos del tiempo empleado.

En el caso del manifiesto, las frecuencias altas están en la clase de tiempos mayores a 58 días. No es el caso de los documentos de mitigación donde las frecuencias más elevadas están en las clases más bajas del tiempo empleado.

En los monitoreos ambientales, el consultor emplea menos tiempo para responder observaciones, al contrario del manifiesto ambiental donde los tiempos son más del doble.

En los monitoreos ambientales se emplea menos tiempo en su elaboración, presentación y respuesta a observaciones, que en los documentos como los manifiestos y mitigación que están en la clase de los valores más altos del tiempo empleado.

En el 85% de los casos se emplea más de 140 días en el trámite de un manifiesto ambiental; mientras que, si el documento es mitigación, se emplea entre 79 y 139 días.

En los manifiestos, el tiempo esperado para la conclusión del trámite está en la clase de tiempos mayores, mientras que los monitoreos están en las clases más bajas del tiempo.

La clase de tiempos en exceso mayores está en los documentos de monitoreos ambientales; mientras que los tiempos bajos son los trámites de licencias para actividades con sustancias peligrosas.

Cuando el trámite concierne documentos sobre medidas de mitigación, el tiempo en exceso está un poco más de un día y medio por debajo de tiempo en exceso tomado para elaborar cualquier otro documento.

En el caso de la licencia para actividad con sustancias peligrosas, el tiempo es menor en un día, con respecto al utilizado en la elaboración del documento anterior.

El informe de monitoreo ambiental está situado en la mejor posición de los 3 tipos de documento analizados, puesto que su tiempo en exceso está casi 4 días por debajo del tiempo en exceso utilizado para la elaboración de otros documentos.

Pasando ahora al análisis de los sectores de pertenencia del documento elaborado, aquéllos

clasificados en el sector hidrocarburos toman más de 2 días adicionales de tiempo en exceso con respecto al promedio observado en el conjunto de documentos elaborados.

Los documentos del sector saneamiento básico y los de energía eléctrica toman 1 día y medio adicional para su elaboración, con respecto al tiempo en exceso de otro tipo de documentos elaborados.

Por último, en lo referido al impacto del número de consultores sobre el tiempo en exceso en la elaboración de documentos, por cada consultor adicional que conforma el grupo, el tiempo en exceso se incrementa en más de un día y medio.

Teniendo en cuenta el valor del indicador de la performance donde el 82 % de los proyectos está por debajo de 38%, lo que dice este indicador es que se tiene que repensar, reprogramar, recalcular, lo que se entiende por tiempo esperado o tiempo planificado. El tiempo planificado es demasiado optimista; no tiene suficiente, en consideración, las demoras de la autoridad que son el principal componente de que no haya coincidencia entre el tiempo esperado y el tiempo observado.

Se debe incluir en el tiempo esperado o planificado, el valor de las demoras de la autoridad de acuerdo a la experiencia de la consultora y sobre eso añadir el tiempo que demora cada consultor; de ahí se va a observar una mejora en el indicador de performance.

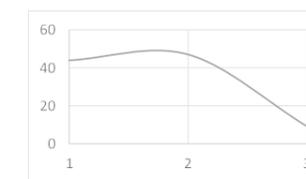
## 6. Referencias bibliográficas

Gujarati, D., 1997, Econometría, Mc Graw-Hill, Bogotá.

## Anexo 1. Tiempos adicionales

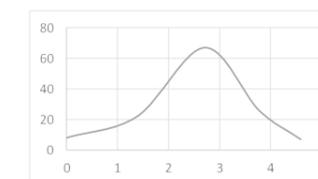
**Tabla A.1.1.** Tiempo de impresión y armado del documento

Días	Frecuencia	Porcentaje
1	57	44
2	61	47
3	12	9
Total	130	100



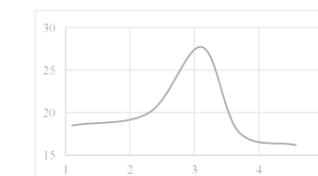
**Tabla A.1.2.** Tiempo empleado por la autoridad para notificar al representante legal

Días	Frecuencia	Porcentaje
0 a 2	8	6
3 a 5	22	17
6 a 24	67	52
25 a 62	26	20
64 a 133	7	5
Total	130	100



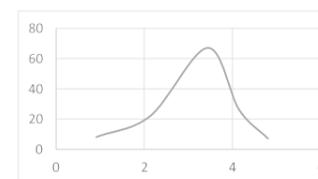
**Tabla A.1.3.** Tiempo empleado por el consultor para responder observaciones

Días	Frecuencia	Porcentaje
1	24	18
5 a 15	26	20
16 a 30	36	28
33 a 50	23	18
53 a 144	21	16
Total	130	100



**Tabla A.1.4.** Tiempo empleado para culminación del trámite

Días	Frecuencia	Porcentaje
2 a 3	8	6
4 a 13	22	17
14 a 48	67	52
49 a 78	26	20
82 a 162	7	5
Total	130	100



## Anexo 2. Correlograma de los residuos

Date: 06/13/18 Time: 12:20  
 Sample: 1 130  
 Included observations: 130  
 Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
		1 -0.01...	-0.01...	0.0466	
		2 -0.00...	-0.00...	0.0520	0.820
		3 -0.05...	-0.05...	0.5036	0.777
		4 -0.01...	-0.01...	0.5180	0.915
		5 -0.03...	-0.03...	0.6673	0.955
		6 -0.15...	-0.15...	3.8575	0.570
		7 0.072	0.064	4.5727	0.600
		8 0.009	0.005	4.5847	0.711
		9 0.040	0.022	4.8095	0.778
		1... -0.11...	-0.10...	6.5345	0.685
		1... -0.05...	-0.06...	6.9078	0.734
		1... -0.13...	-0.15...	9.3632	0.588
		1... 0.036	0.040	9.5568	0.655
		1... -0.12...	-0.15...	11.947	0.532
		1... 0.100	0.087	13.442	0.492
		1... 0.106	0.061	15.128	0.442
		1... -0.05...	-0.08...	15.575	0.483
		1... 0.018	-0.01...	15.627	0.550
		1... -0.04...	-0.00...	15.937	0.597
		2... 0.124	0.073	18.321	0.501
		2... -0.01...	0.034	18.371	0.563
		2... -0.02...	-0.05...	18.467	0.619
		2... 0.141	0.133	21.638	0.482
		2... 0.060	0.031	22.227	0.507
		2... -0.03...	-0.03...	22.453	0.552
		2... -0.10...	-0.06...	24.253	0.505
		2... -0.01...	0.022	24.269	0.561
		2... -0.05...	-0.07...	24.725	0.590
		2... -0.05...	-0.03...	25.317	0.611
		3... 0.006	0.031	25.323	0.661
		3... 0.052	0.006	25.800	0.685
		3... -0.01...	-0.02...	25.855	0.728
		3... 0.053	0.083	26.350	0.748
		3... -0.05...	-0.04...	26.898	0.764
		3... -0.09...	-0.07...	28.516	0.733
		3... -0.03...	-0.07...	28.687	0.766

## REVISIÓN CIENTÍFICA

## Costo de vidrios defectuosos en la producción industrial

### Cost of defective glasses in industrial production

Juana Rosa Llanos Vargas

Unidad de Postgrado  
 Facultad de Ciencias Exactas y  
 Tecnología UAGRM  
 Ingeniería Industrial

## RESUMEN

En este documento se presenta los factores que influyen en las variaciones del costo de los vidrios defectuosos producidos por una fábrica especializada en esta rama industrial. A partir de una muestra de 3555 multiregistros diarios observados en el corriente de los años 2015 y 2016, se identifica el impacto de cada una de las variables relacionadas con la época del año y con el tipo de vidrio fabricado sobre el costo de producción. Se llega a estos resultados utilizando 2 modelos estadísticos que se complementan muy bien en la puesta de manifiesto de las conclusiones, a saber, las tablas de contingencia y el análisis de regresión. Adicionalmente, se construye distribuciones de frecuencia ofreciendo al lector una visión de las características de cada variable analizada.

**Palabras clave:** autopartes, costos de producción, modelos de regresión, Santa Cruz de la Sierra, tablas de contingencia, vidrios defectuosos.

## ABSTRACT

This document presents the factors that influence the variations in the cost of defective glasses produced by a factory specialized in this industrial branch. From a sample of 3555 daily multiregistrations observed over the years 2015 and 2016, the impact of each of the variables related to the time of year and the type of glass manufactured on the cost of production is identified. We reach these results using 2 statistical models that complement each other very well in the presentation of the conclusions, namely, the contingency tables and the regression analysis. Additionally, frequency distributions are constructed offering the reader a vision of the characteristics of each variable analyzed.

**Keywords:** auto parts, production costs, regression models, Santa Cruz de la Sierra, contingency tables, defective glasses.