

## ANÁLISIS DE UN PROCESO EDUCATIVO MEDIANTE CARTAS DE CONTROL: EL CASO DE UN CURSO DE MATEMÁTICA UNIVERSITARIA

Viviana Angélica Costa<sup>1</sup>, María Valeria Calandra<sup>2</sup>, Raúl Rossignoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IMApEC, Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP [vacosta@ing.unlp.edu.ar](mailto:vacosta@ing.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup>GAMEFI, Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP

### INTRODUCCIÓN

En la mayor parte de los centros de producción de importancia se aplica la técnica estadística conocida con el nombre de control estadístico de procesos (CEP), con el objeto de realizar un monitoreo de la producción, mantener un nivel adecuado de calidad de los productos fabricados, controlar la estabilidad y la capacidad de la misma. Entre las herramientas empleadas en el CEP, se encuentran las denominadas Cartas de Control (CC), mediante las cuales se puede realizar el monitoreo de variables de importancia en el desarrollo de un proceso en el tiempo. Estas permiten realizar una detección temprana de la desviación de los valores de la variable monitoreada respecto a un valor y límites determinados a priori, y de esta manera se podrían detectar cambios e identificar las posibles causales asignables a los mismos.

En el caso de un proceso educativo, que se ve afectado por múltiples factores, externos e internos a la institución, el CEP y las CC se convierten en una herramienta útil para conseguir la estabilidad o mejora de la calidad educativa mediante el seguimiento en el tiempo de algunas variables o atributos como pueden ser el rendimiento académico, el tránsito de los estudiantes en las carreras y la cantidad de egresos, en una institución (Salazar, Cañón, 2011).

En esta línea en el presente trabajo se propone analizar con esas herramientas estadísticas el proceso educativo correspondiente a la evolución temporal durante 23 semestres (desde el año 2006 al 2017) de cursos de Matemática C, que estuvieron a cargo de un mismo profesor, del Área de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Se analizan mediante CC la variabilidad de algunas proporciones de algunas cantidades en el tiempo. También se relevan los posibles factores a los que podrían atribuirse cambios u anomalías encontradas. Los resultados obtenidos muestran un proceso bajo control, salvo algunas anomalías y una variabilidad en el proceso, en especial una reducción en la media de la proporción de cantidad de alumnos que abandonan en relación con la cantidad de inscriptos. Esto sería atribuido a cambios, que ha ido implementado el profesor a cargo, que se vinculan con los distintos modos de evaluar los rendimientos académicos de los estudiantes en los cursos registrados.

### PARTE EXPERIMENTAL

Las CC consisten en una gráfica donde los valores de la característica de la calidad estudiada se disponen en distintos momentos de tiempo que se identifican sobre el eje de las abscisas. Tres líneas acompañan la serie graficada: la línea media (trazada a nivel de la media  $\mu$  de los valores de la serie para un estado bajo control) y las líneas correspondientes a los límites inferior y superior de control (límites entre los que se espera queden comprendidas casi la totalidad de las observaciones de un proceso bajo control ( $\mu \pm 3\sigma$ )). Puntos fuera de la región determinada por ambos límites sugieren que el proceso no está bajo control, o también se pueden encontrar ciertas tendencias o patrones como pueden ser las desviaciones respecto de un valor o una excesiva variabilidad. En particular para las CC en este trabajo el análisis de datos corresponde a la evolución de resultados de alumnos. Se plantea el problema considerando que en cada período  $i$ , para  $i = 1, \dots, c$  (donde  $c$  es el número total de períodos a evaluar) se tienen variables aleatorias  $X_i$ : número de alumnos que cumplen cierta característica en el período  $i$ . Se denotan con  $p_i$  a la proporción de

alumnos con dicha característica, con  $m_i$  es el valor que toma la variable  $X_i$  y con  $n_i$  al número total de alumnos inscriptos en dicho período. Por lo tanto se tienen  $c$  variables aleatorias con distribución binomial  $x_i \sim b_i(n_i, p_i)$ ,  $x_i = m_i$  para  $i = 1, \dots, c$ , donde  $x_i = \#$  de éxitos en los  $n_i$  ensayos. El objetivo es testear las siguientes hipótesis:  $H_0: p_1 = p_2 = \dots = p_c = p$  (desconocido) vs.  $H_1: p_1 = \dots = p_k = p \neq p_{k+1} = \dots = p_c = p'$ . La hipótesis  $H_0$  indica que el proceso es estable y  $H_1$  que es inestable y por ende, hay un cambio en el período  $k$ .

El trabajo experimental se realiza sobre los datos académicos de 23 cursos de Matemática C (Ciencias Básicas) a lo largo del tiempo (12 años). La asignatura corresponde al tercer semestre para todas las carreras y para ingeniería en computación, corresponde al cuarto semestre. Aunque la asignatura se repite en ambos semestres para todos los alumnos que la elijan cursar. Los contenidos mínimos son: Series de Potencias y Serie de Taylor, temas de Álgebra Lineal y algunos contenidos de Cálculo Numérico. Aspectos metodológicos y académicos se relatan en Costa y Rossignoli (2017).

La profesora a cargo de los cursos a analizar, autora también de este artículo, ha implementado con cierta periodicidad a lo largo del tiempo, diversas estrategias didácticas y metodológicas, con el objetivo de motivar a los alumnos para el estudio de los contenidos, buscando además reducir el abandono y el ausentismo a la cursada.

Algunas de las estrategias han sido las de articular contenidos de Álgebra Lineal con los estudiados en Física I y Física II mediante la intervención de profesores de ambas disciplinas en el aula de clase de matemática (Costa, Torroba, Devece, 2013). También para alumnos de ingeniería aeronáutica y de ingeniería mecánica, inscriptos en los cursos, se implementaron charlas con profesores de cursos del área tecnológica con el objetivo de mostrar la importancia del estudio del álgebra lineal en esas carreras, entre los años 2008-2013 (Costa, Scarabino, Idiart, Knoblauch, 2010). Además se implementó desde el año 2014 para alumnos de agrimensura una actividad extracurricular que le utilidad a contenidos estudiados en Matemática C para la resolución de problemas de la práctica profesional (Justo, Costa, 2017). Además, sistemáticamente se propone la realización de Trabajos Prácticos optativos en grupo que requieren para su resolución el uso de software matemático (Matlab, Maple y actualmente usando GeoGebra para el estudio de los contenidos de Cálculo Numérico que corresponden a la asignatura (Costa, 2018)). Desde el año 2008, se instala en la facultad el sistema SIU y luego en el año 2009 se incorporan al campus virtual, los cursos en la plataforma Moodle, que acompañan a los presenciales.

En relación al proceso de evaluación de los aprendizajes, la profesora incorpora desde el año 2009 los denominados “parcialitos”. Consisten en evaluar algunos contenidos de la asignatura en forma anticipada a las evaluaciones parciales con el objetivo de proveer una clara visión de los objetivos de aprendizaje, ofrecer retroalimentación descriptiva de manera regular, enseñar a los alumnos a autoevaluarse y establecer metas, a enfocar su revisión e involucrarlos en la autorreflexión.

Luego, además implementa desde el año 2014 un cambio en relación a la clásica categorización de los parciales evaluados en “aprobado” o “desaprobado” por la clasificación de “aprobado” o “recupera” (Figura 1).

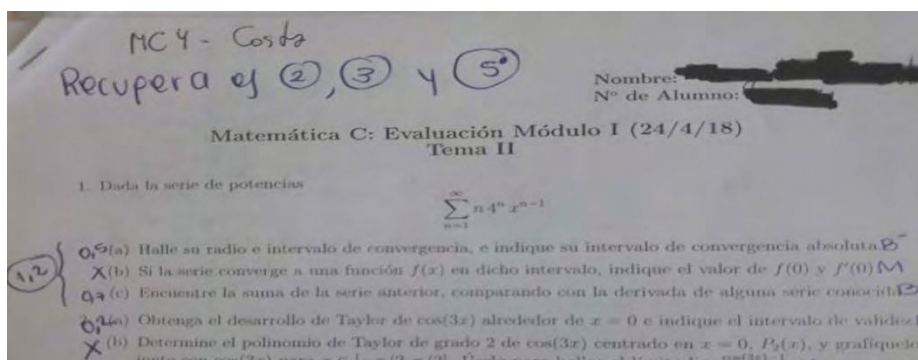


Figura 1: Evaluación por “temas”: “recupera” los contenidos no alcanzados.

Con “aprobado” se considera al alumno que obtiene una nota mayor o igual al 60% para uno de los “temas” evaluados. Caso contrario “recupera” en las instancias de evaluaciones parciales los “temas” que no haya alcanzado. Sólo es “desaprobado” en caso de no aprobar todos los “temas” pero obteniendo para cada módulo una nota promedio mayor a 4, obteniendo la aprobación de los Trabajos Prácticos y la habilitación para rendir el Examen Final de la asignatura. De este modo el alumno durante las instancias de evaluación, recupera los “temas” no alcanzados. Esta última estrategia mencionada es la que se propone analizar con las CC. Además las pruebas escritas son entregadas a los alumnos para que ellos mismos puedan revisar su producción y mejorarla, en caso de no haber alcanzado los objetivos, concibiendo a la revisión de la evaluación como una nueva oportunidad para seguir aprendiendo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el análisis por CC se categorizan y cuantifican los siguientes “atributos” para cada uno de los cursos (Figura 2).



Figura 2. Atributos.

Con “inscripto” nos referimos al alumno que se inscribe al curso. Este se divide luego entre “rindió” o “ausente”. Rindió, es el alumno inscripto que se presenta a rendir algún examen, y ausente, en caso contrario. A su vez, el alumno que rindió se clasifica entre, “aprobado” (aprueba el curso con nota mayor a 4), “desaprobado” (alumno que habiendo completado todas las instancias de evaluación no alcanza una nota superior a 4) y “abandona” (alumno que habiendo rendido algún examen no agota todas las instancias de evaluación para alcanzar la aprobación).

La asignatura Matemática C, del plan 2002 se implementa por primera vez en el año 2003. En el periodo 2003-2005, la profesora a cargo de los cursos analizados, no posee las listas de clase, con lo cual para un análisis de los mismos se debería consultar las actas que conserva en archivo en la facultad. Esto se decidió no realizar y analizar desde el periodo 2006-2007, de los cuales se conservan las listas de clase en papel, y del 2008 en adelante se dispone también de los datos entregados por el SIU. Hay un periodo del que no se tienen los datos que corresponden al segundo semestre del 2007. Los datos relevados para cada periodo desde el año 2006 se muestran la Tabla 1. En la primer columna se indica el número de períodos, en la segunda el año y semestre correspondiente. Luego se muestran las cantidades de alumnos para cada periodo según los atributos seleccionados. Finalmente se calculan las proporciones indicadas.

Los datos son analizados mediante CC por atributos. Se confeccionan tres CC. Una es para la proporción de “rindió” o “ausentes”. La segunda carta de control es para la proporción de “aprobado” o “no aprobado” que en este caso es la suma de los “desaprobados” más los que “abandonaron”. Por último se confecciona la CC para la proporción de “abandono”, siendo “no abandono” en este caso la suma de los que “aprobados” más los “desaprobados”. Para realizar las cartas se utiliza la herramienta Control charts del Software Statgraphics Centurion XVIII.

Las cartas de control se recalculan en  $N=16$ , es decir, se particiona en los periodos 1-15 al periodo 16-23, a partir del momento en el que se propone evaluar por “temas”, con el objetivo de analizar cambios en el proceso.

De un primer análisis estadístico de los datos, se encuentra que del total de inscriptos, el 78% se presenta a rendir algún examen, y de ese porcentaje, el 77% aprueba la asignatura, mientras que un 6% desaprueba y un 16% abandona.

Para todos los demás cursos de Matemática C durante el 2017 se encontraron los siguientes resultados que se comparan con el grupo analizado en la Tabla 2.

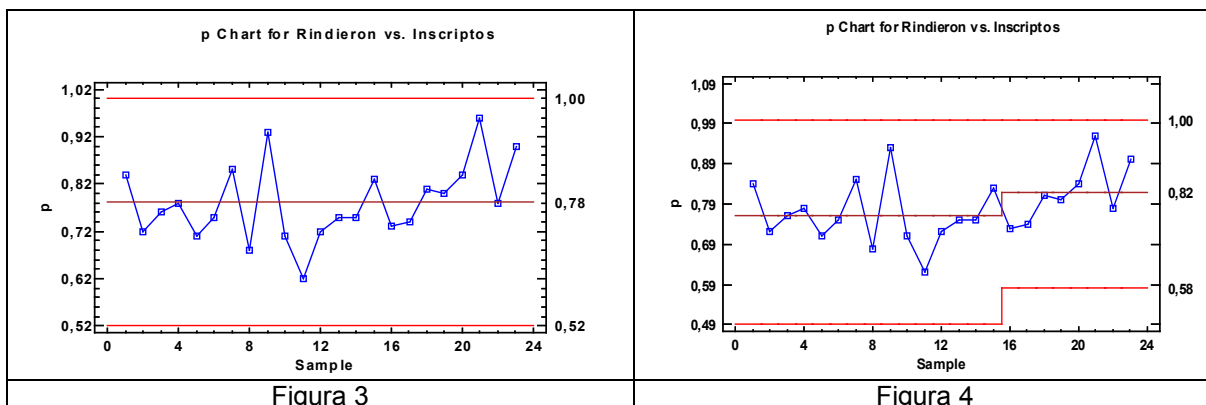
Periodo	Año-SEM	Cantidad de alumnos por periodo						Proporciones		
		Inscriptos	Rindieron	Ausente	Aprobado	Desaprobado	Abandonó	Aprobado/ Rindió	Rindieron/ Inscriptos	Abandonó/ rindieron
1	2006-1	82	69	13	60	3	6	0,87	0,84	0,09
2	2006-2	53	38	15	22	6	10	0,58	0,72	0,26
3	2007-1	96	73	23	57	16	0	0,78	0,76	0,00
4	2008-1	67	52	15	45	2	5	0,87	0,78	0,10
5	2008-2	75	53	23	37	0	15	0,70	0,71	0,28
6	2009-1	51	38	13	31	0	7	0,82	0,75	0,18
7	2009-2	88	75	13	57	18	13	0,76	0,85	0,17
8	2010-1	81	55	26	47	2	6	0,85	0,68	0,11
9	2010-2	61	57	4	41	7	9	0,72	0,93	0,16
10	2011-1	99	70	29	60	2	8	0,86	0,71	0,11
11	2011-2	89	55	34	46	3	6	0,84	0,62	0,11
12	2012-1	95	68	27	48	4	16	0,71	0,72	0,24
13	2012-2	97	73	24	55	2	16	0,75	0,75	0,22
14	2013-1	116	87	29	54	8	25	0,62	0,75	0,29
15	2013-2	94	78	16	63	2	13	0,81	0,83	0,17
16	2014-1	89	65	24	50	5	10	0,77	0,73	0,15
17	2014-2	100	74	26	65	3	6	0,88	0,74	0,08
18	2015-1	83	67	16	52	2	13	0,78	0,81	0,19
19	2015-2	98	78	20	65	1	12	0,83	0,80	0,15
20	2016-1	89	75	14	57	2	16	0,76	0,84	0,21
21	2016-2	96	92	4	81	0	11	0,88	0,96	0,12
22	2017-1	91	71	20	56	6	9	0,79	0,78	0,13
23	2017-2	86	77	9	60	5	12	0,78	0,90	0,16
	<b>Promedios</b>	<b>86</b>	<b>67</b>	<b>19</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>11</b>			

Tabla 1: Datos muestrales obtenidos según atributos por semestre.

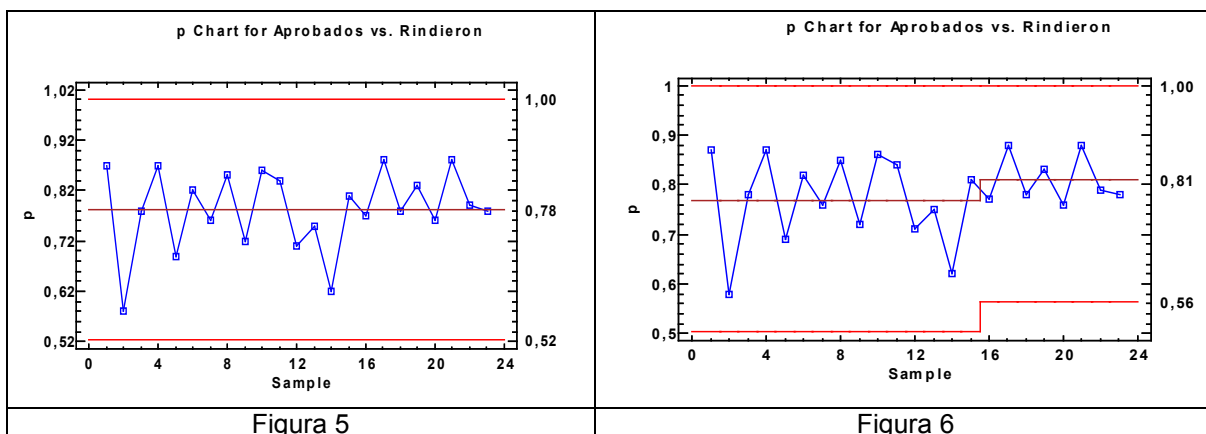
	Inscriptos (100%)	Libre/Abandono	Desaprobado	Aprobado	GRUPO
2017-1	431 (100%)	103 (24%)	27 (6%)	301 (69%)	Todos - Grupo control
2017-2	224 (100%)	53 (24%)	13 (6%)	158 (70%)	
2017-1	91 (100%)	29 (32%)	6 (6%)	56 (61%)	Grupo control
2017-2	86 (100%)	21 (24%)	5 (6%)	60 (70%)	

Tabla 2: Grupo analizado en comparación con los demás grupos para el año 2017.

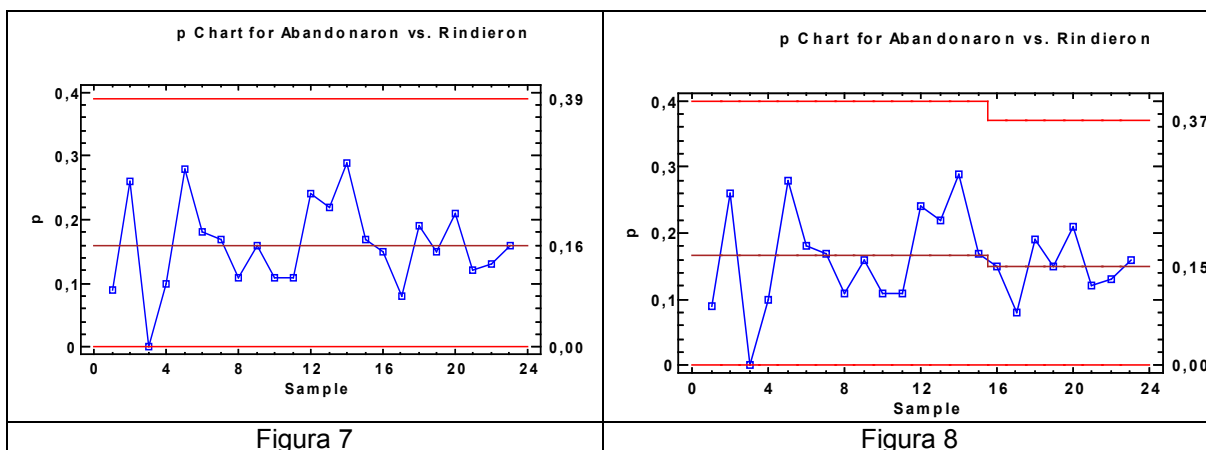
**Proporción de alumnos que “rindieron” en relación a la cantidad de “inscriptos”:** En la figura 3 se muestra la carta de control para la proporción “rindió”. Se obtiene la línea central, la media igual a 0,78. Se observa que no hay puntos fuera de los límites de control. Esto indicaría que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%. Se observa además cinco puntos bajo la línea de control, para el periodo de N=10 a N=14 que se corresponden con los períodos 2011-1 al 2013-1. Esto indica una alerta temprana que el proceso se puede salir de control. Recalculando la CC para N=16 (2014-1), la media del proceso cambia de 0,78 a 0,82. No se observan puntos excluidos de los límites de control y tampoco hay alertas tempranas. Esto se observa en la Figura 4.



**Proporción de alumnos “aprobados” en relación a la cantidad de alumnos que rindieron:** En la Figura 5 se muestra la carta de control para la proporción de “aprobados”. La media central es igual a 0,78. En la Figura 6, para la carta recalculada en N=16, un cambio en la media de 0,78 a 0,81. En ambas cartas no se observan puntos excluidos de los límites de control.



**Proporción de alumnos que “abandonaron” en relación a la cantidad que rindieron:** En la Figura 7, se observa la carta de control para la proporción de “abandono”, en contrario a no abandono, que es la suma de los aprobados más los desaprobados. Se encuentra una media de 0,16. Recalculando la carta p para N=16, en la Figura 8, la media del proceso cambia de 0,166 a 0,15. En ambas cartas no se observan puntos excluidos de los límites de control.





## CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un modo de analizar en el tiempo los procesos educativos mediante recursos estadísticos como son las cartas de control. Se utilizó este recurso para analizar el proceso a lo largo de 12 años de algunos cursos de Matemática C que estuvieron a cargo de un mismo profesor. Desde el punto de vista cuantitativo, se observa que el proceso ha estado bajo control, los valores se mantiene entre los límites superior e inferior. A partir de la implementación de cambios en el modo de calificar las evaluaciones (N=16), recuperando por “temas” los contenidos no alcanzados, se encuentran mejoras sustanciales en las CC construidas. Esto es visible a partir del cambio de la media en el proceso. El porcentaje de aprobados, en relación a los que rindieron, aumenta de 78% a 81% y disminuye la cantidad de alumnos que es “ausente” de 22% a 18%, y el porcentaje de “abandonó” disminuye de 16,6% a 15%. En comparación con los demás grupos de la asignatura, no se observan diferencias significativas para los atributos analizados. Cabe mencionar que otros grupos también emplean metodologías similares en algunos aspectos (recuperación por temas de contenidos no alcanzados, realización de trabajos con software matemático, etc.) y que las guías y evaluaciones son comunes a todos los grupos. Un porcentaje alto, alrededor del 25%, es la cantidad de alumnos que abandona/libre, que sería deseable pudiese ser reducido. Los motivos de ello pueden ser variados (académicos, personales, económicos, familiares, faltos de orientación profesional, etc.). A futuro un objetivo sería caracterizar tales causas y diseñar estrategias para revertir las que sean posibles.

## BIBLIOGRAFÍA

Costa, V. A., & Rossignoli, R. (2017). Enseñanza del algebra lineal en una facultad de ingeniería: Aspectos metodológicos y didácticos. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(23), 49-55.

Costa, V. A., Scarabino, A., Idiart, M. I., & Knoblauch, M. (2010). Enseñanza del algebra lineal para alumnos de ingeniería aeronáutica: Experiencia motivadora. In *Congreso Mundial y Exposición, Ingeniería*.

Justo, C. E., & Costa, V. A. (2017). Resolución de problemas altimétricos mediante la articulación entre cátedras de distintas áreas. In *IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2017)*.

Costa, V. A., Torroba, P., & Devece, E. (2013). Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol*, 7(3), 350.

Costa, V. A. (2018). Uso de dispositivos móviles y de software matemático en la enseñanza por investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 626-641.

Salazar, J. & Cañón, J. (2011). La calidad de la educación en ingeniería: un factor clave para el desarrollo. *Revista Ingeniería e Investigación*, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Número Especial “150 años de la Facultad de Ingeniería”, Bogotá. Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería. (2018) Opciones Gráficas Editores Ltda. en Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado el 17 de octubre de 2018 de [https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Aseguramiento\\_CONFEDI\\_ACOFINAJA.pdf](https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Aseguramiento_CONFEDI_ACOFINAJA.pdf)