EXAMEN DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SOFTWARE. 16/1/2023.

APELLIDOS Y NOMBRE: ....

1) **(70 pts)** Un partido de fútbol puede estar en juego j o parado $\neg j$. En un momento dado, se puede marcar un gol g o el árbitro puede pitar una falta f. Formula los siguientes enunciados en LTL

   - No se puede marcar un gol cuando el juego está parado.

   - Si se marca un gol o se comete una falta, inmediatamente después se para el juego.

   - En algún momento, el partido se termina (dejamos de jugar).

   - Tras una falta, el partido siempre se reanuda tarde o temprano

   - Tras una falta, no puede volver a pitarse otra sin que se haya reanudado el juego antes

2) **(20 pts)** Formalmente, un autómata de Büchi y un autómata finito no determinista (AFD) tienen la misma estructura y aspecto. Explica brevemente cuál es la diferencia esencial entre ellos.

3) **(50 pts)**Dadas las fórmulas:

$$\alpha \stackrel{def}{=} (p \vee q)\ \mathcal{U}\ r \qquad\qquad \beta \stackrel{def}{=} (p\ \mathcal{U}\ r) \vee (q\ \mathcal{U}\ r)$$

demostrar cada dirección de la equivalencia o, si no se cumple, presentar un contraejemplo
$\models \alpha \rightarrow \beta$ ¿se cumple? [ ]-Sí [ ]-No
Explicación:

$\models \beta \rightarrow \alpha$ ¿se cumple? [ ]-Sí [ ]-No
Explicación:

Satisfaction of a temporal formula

Let $M = s_0, s_1, \ldots$ with $i \geq 0$. We say that $M, i \models \alpha$ when:

- $M, i \models p$ if $p \in s_i$ (for $p \in \Sigma$)
- $M, i \models \Box\alpha$ if $M, j \models \alpha$ for all $j \geq i$
- $M, i \models \Diamond\alpha$ if $M, j \models \alpha$ for some $j \geq i$
- $M, i \models \bigcirc\alpha$ if $M, i+1 \models \alpha$
- $M, i \models \alpha \,\mathcal{U}\, \beta$ if there exists $n \geq i$, $M, n \models \beta$ and $M, j \models \alpha$ for all $i \leq j < n$.
- $M, i \models \alpha \,\mathcal{W}\, \beta$ if $M, i \models \Box\alpha$ or $M, i \models \alpha \,\mathcal{U}\, \beta$

Kamp's translation

Temporal formula α at time point i becomes $MFO(<)$ formula $\alpha(i)$

$$\begin{aligned}
(p)(i) &\stackrel{def}{=} p(i)\\
(\neg\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \neg\alpha(i)\\
(\alpha \vee \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i) \vee \beta(i)\\
(\alpha \wedge \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i) \wedge \beta(i)\\
(\bigcirc\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i+1)\\
(\Diamond\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \exists j \geq i : \alpha(j)\\
(\Box\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \forall j \geq i : \alpha(j)\\
(\alpha \,\mathcal{U}\, \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \exists j \geq i : (\beta(j) \wedge (\forall k \in i..j-1 : \alpha(k)))\\
(\alpha \,\mathcal{R}\, \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \forall j \geq i : (\beta(j) \vee (\exists k \in i..j-1 : \alpha(k)))
\end{aligned}$$